

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

FELIPE JOSÉ SANTOS DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DO SUBPRODUTO DE PROCESSAMENTO DO COCO NA
ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO**

**AREIA
2021**

FELIPE JOSÉ SANTOS DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DO SUBPRODUTO DE PROCESSAMENTO DO COCO NA
ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Comitê de orientação:

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros - Orientador

Prof. Dr. Dorgival Moraes de Lima Júnior - Coorientador

**AREIA
2021**

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586u Silva, Felipe José Santos da.

Utilização do subproduto de processamento do coco na
alimentação de cordeiros em confinamento / Felipe José
Santos da Silva. - Areia:UFPB/CCA, 2021.

110 f.

Orientação: Ariosvaldo Nunes de Medeiros.

Coorientação: Dorgival Moraes de Lima Júnior.

Tese (Doutorado) - UFPB/CCA.

1. Zootecnia. 2. Ovinos. 3. Alimento alternativo. 4.
Cocos nucifera L. 5. Ácido láurico. I. Medeiros,
Ariosvaldo Nunes de. II. Lima Júnior, Dorgival Moraes
de. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 636(043.3)



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA
UFPB – UFC

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE TESE

**TÍTULO: “UTILIZAÇÃO DO SUBPRODUTO DE PROCESSAMENTO DO COCO
NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO”**

AUTOR: FELIPE JOSÉ SANTOS DA SILVA

ORIENTADOR: Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros

J U L G A M E N T O

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros
Presidente
Universidade Federal da Paraíba/UFPB

Profa. Dra. Anaiane Pereira Souza
Examinadora
Universidade Federal do Ceará /UFC

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho
Examinador
Universidade Federal Rural do Pernambuco/UFRPE

Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra
Examinador
Universidade Federal de Campina Grande /UFCG

Prof. Dr. Rui José Branquinho de Bessa
Examinador
Universidade de Lisboa

Areia, 20 de novembro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

FELIPE JOSÉ SANTOS DA SILVA – Nasceu em Arapiraca, Alagoas, em 5 de março de 1992, filho de Gilberto Eleutério da Silva e Ana Maria Santos. Em fevereiro de 2010, iniciou a graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus Arapiraca, onde dedicou-se a projetos de pesquisa e extensão envolvendo terminação de cordeiros em confinamento, e nutrição de cabras e bovinos leiteiros. Também foi bolsista de iniciação científica e monitor de disciplinas do curso de Zootecnia, sua monografia foi intitulada “Constituintes não-componentes da carcaça de cordeiros alimentados com diferentes fontes de fibra”, sob orientação do Prof. Dr. Dorgival Moraes de Lima Júnior, obtendo o diploma de bacharel em Zootecnia em fevereiro de 2015. Em março de 2015, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), onde desenvolveu a dissertação intitulada “Componentes do peso corporal e qualidade da carne de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas contendo diferentes fontes de carboidratos associadas a ureia”, sob orientação do Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho, obtendo o título de mestre em fevereiro de 2017. Em março de 2017, ingressou no Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), e em novembro de 2020 foi submetido a defesa de tese intitulada “Utilização do subproduto de processamento do coco na dieta de cordeiros em confinamento”, sob orientação do Prof. Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, pela oportunidade da realização do doutorado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL), pelo financiamento do projeto de pesquisa.

Ao Professor Dr. Ariosvaldo Nunes de Medeiros pela orientação, paciência, ensinamentos transferidos, por cada crítica e por enxergar o potencial dos seus orientandos. Todo o meu respeito e admiração pelo esmero na formação acadêmica de cada orientando.

Ao Professor Dr. Dorgival Moraes de Lima Júnior, pela coorientação, parceria e por confiar a mim o desenvolvimento do projeto de pesquisa que resultou na presente tese.

Ao Professor Dr. Rui José Branquinho Bessa, pela oportunidade da realização da análise de ácidos graxos e pelas contribuições a esse trabalho.

Ao Professor Dr. Ricardo Romão Guerra, por disponibilizar o Laboratório de Histologia para a realização das análises histológicas e pelas contribuições a esse trabalho.

Ao Professor Dr. Leilson Rocha Bezerra, pela realização da análise de peróxidos do subproduto de processamento do coco.

Ao técnico Wanderson do Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, pela ajuda no preparo de reagentes, reparo de equipamentos do experimento e pela amizade.

Ao técnico Edjânio pela disponibilidade, ensinamentos e acompanhamento das análises histológicas no Laboratório de Histologia.

À minha família, por todo o apoio, confiança e incentivo para que eu pudesse concluir a pós-graduação.

A Dra. Beatriz Dantas Oliveira Fernandes pela amizade, paciência, parceria e pelas contribuições a esse trabalho. Pode contar sempre comigo.

Aos demais membros do grupo de estudos Nutriáridus: Alice Rocha, Francinilda Sousa, Juraci Suassuna, Marina Ferreira, Cintia Araujo, Luana Magna, José Eduardo, Alidiel Félix, Gabrielle, Sr. Sales e Sr. Duelo, obrigado por todo o apoio científico e afetivo, e por fazerem os dias na pós-graduação mais alegres e divertidos.

Aos PIBIC's e colaboradores do curso de Zootecnia da Universidade Federal de Alagoas, pela grande ajuda na condução do experimento e abate dos animais: Karla Neves, Shayane Bispo, Marianna Suellen, Raniellef Praxedes, Alycia Kayla, Paulo Almeida, Yara América, Patrícia Rocha, Andressa Karoline, Andréia Teixeira, Ruth Barbosa, Cíntia Mikaele, Valfrido César, Taíse e Jonas.

A todos que contribuíram, mesmo que indiretamente, para a realização deste trabalho.

Meu muito obrigado!

UTILIZAÇÃO DO SUBPRODUTO DE PROCESSAMENTO DO COCO NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS EM CONFINAMENTO

RESUMO

A utilização de subprodutos das agroindústrias de frutas na dieta de cordeiros é uma alternativa para baratear os custos de produção, desde que seja avaliado o limite de inclusão que não afeta a saúde e o desempenho produtivo desses animais. Nesse contexto, objetivou-se avaliar a utilização do subproduto de processamento do coco (SC) no desempenho, características de carcaça, qualidade da carne, e características histológicas de cordeiros em confinamento. Para isso, foram realizados dois ensaios experimentais. No ensaio I avaliou-se o efeito da inclusão do SC sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e parâmetros fermentativos de cordeiros em confinamento, e no ensaio II foi avaliado o efeito da inclusão do SC sobre o desempenho, características da carcaça e da carne, composição de ácidos graxos da carne, características histológicas do rúmen, intestino, rins e fígado dos animais. No ensaio I, foram utilizados cinco cordeiros sem padrão racial definido, machos não castrados, com peso inicial médio de $25,5 \pm 1,68$ kg em um delineamento em quadrado latino (5×5) em cinco tratamentos que consistiram de níveis de inclusão do SC [0, 5, 10, 15 e 20% na matéria seca (MS)]. No ensaio II, foram utilizados trinta e cinco cordeiros sem padrão racial definido, machos não castrados, com peso inicial médio de $16,9 \pm 2,93$ kg em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos com níveis de inclusão de SC (0; 4,8; 9,6; 14,4 e 19,2% na MS). Houve diminuição linear ($P < 0,05$) do consumo de MS (CMS) e de nutrientes digestíveis totais com a inclusão do SC, entretanto o consumo de extrato etéreo (EE) não foi influenciado ($P > 0,05$). A inclusão do SC incrementou de forma quadrática ($P < 0,05$) a digestibilidade do EE e proteína bruta, mas não influenciou ($P > 0,05$) a digestibilidade da FDN. A inclusão do SC não influenciou ($P > 0,05$) a concentração de acetato (mMol/L e %) no líquido ruminal, entretanto houve incremento quadrático ($P < 0,05$) para o propionato (mMol/L e %), e redução quadrática para a relação acetato:propionato e butirato (mMol/L e %). A inclusão de 7,2% do SC melhorou a eficiência alimentar, e não influenciou o ganho médio diário, entretanto reduziu em 0,60 kg o peso de carcaça fria ($P < 0,05$) em relação a dieta basal. O teor de gordura intramuscular e de proteína da carne diminuiu linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão do SC, mas não influenciou ($P > 0,05$) a força de cisalhamento. Os ácidos graxos saturados (AGS) da carne (mg/100g de

carne) diminuíram linearmente com a inclusão do SC nas dietas. Houve uma tendência ($P=0,0615$) para aumento da atividade da $\Delta 9$ -dessaturase, e o teor de 18:2c9,t11 não foi alterado ($P>0,05$), entretanto houve aumento linear ($P<0,05$) do teor de 18:1t10. A inclusão do SC ocasionou redução quadrática ($P<0,05$) para a altura de papila ruminal, área de absorção e espessura de epitélio, e induziu crescimento linear da camada mucosa e reduziu linearmente ($P<0,05$) a camada submucosa, assim como, uma diminuição das células caliciformes no intestino delgado. A inclusão até 7,2% do SC diminui o CMS, entretanto aumenta a concentração de propionato no rúmen, além disso diminui os depósitos adiposos corporais sem influenciar o desempenho, e a maioria das características de carcaça e da carne. A inclusão de até 7,2%, diminui a quantidade de AGS e aumenta relativamente os ácidos graxos poli-insaturados-n3 da carne, influenciando também a composição de ácidos graxos (AG) com aumento expressivo de AG-trans, especialmente o 18:1t10. Além disso, a inclusão de 7,2% não causa alterações nas características histomorfológicas do trato gastrointestinal e alterações no tecido hepático e renal que comprometam o desempenho.

Palavras-chave: Ácido láurico. Alimento alternativo. *Cocos nucifera* L. Ovinos. Papila ruminal. Trans10-shift.

USE OF THE COCONUT PROCESSING BY-PRODUCT IN THE FEED OF FEEDLOT LAMBS

ABSTRACT

The use of by-products from the fruit agroindustrial in the lamb diet is an alternative to lower production costs, as long as that the inclusion limit that does not affect the health and productive performance of these animals. In this context, the objective was to evaluate the use of the coconut processing by-product (CB) in performance, carcass characteristics, meat quality, and histological characteristics of feedlot lambs. For this, two experiments were carried out. In trial I, the effect of inclusion CB on the intake, digestibility, nitrogen balance, and fermentative parameters of lambs in the feedlot was evaluated, and in trial II, the effect of inclusion CB on performance, carcass and meat characteristics, meat fatty acid composition, histological characteristics of the rumen, intestine, kidneys, and liver of animals was evaluated. In trial I, five lambs undefined breed, intact males, with an average initial weight of 25.5 ± 1.68 kg were distributed in a Latin square design (5×5) in five treatments that consisted of inclusion levels CB (0, 5, 10, 15 and 20% in dry matter (DM)). In trial II, thirty-five lambs undefined breed, intact males, with an average initial weight of 16.9 ± 2.93 kg were used in a completely randomized design with five treatments with levels of CB inclusion (0; 4.8; 9.6, 14.4 and 19.2% in the DM). There was a linear decrease ($P < 0.05$) of DM intake (DMI) and total digestible nutrients with the inclusion of CB, but the intake of ether extract (EE) was not affected ($P > 0.05$). The inclusion of CB increased quadratic ($P < 0.05$) the digestibility of EE and crude protein, but did not affect ($P > 0.05$) the digestibility of NDF. The inclusion of CB did not affect ($P > 0.05$) the concentration of acetate (mMol/L and %) in the rumen liquid, however, there was a increased quadratic ($P < 0.05$) for propionate (mMol/L and %), acetate:propionate ratio and butyrate (mMol/L and %). The inclusion of 7.2% of the CB improved the feed efficiency and did not affect the average daily gain, however it reduced the cold carcass weight by 0.60 kg ($P < 0.05$) in relation to basal diet. The intramuscular fat and protein content of meat decreased linearly ($P < 0.05$) with the inclusion of CB, but did not affect ($P > 0.05$) the shear force. The saturated fatty acids (SFA) of meat (mg/100g of meat) decreased linearly with the inclusion of CB in diets. There was a tendency ($P = 0.0615$) to increase the activity of $\Delta 9$ -desaturase, and the content of 18:2c9, t11 was not changed ($P > 0.05$), however, there was a linear increase ($P < 0.05$) of the 18:1t10 content. The inclusion of CB caused a quadratic increase ($P < 0.05$) in the ruminal

papilla height, absorption area, and epithelial thickness, and induced linear growth of the mucous layer and linearly reduced ($P < 0.05$) the submucosal layer, as well as it decreased goblet cells in the small intestine. The inclusion of 7.2% of CB decreases the DMI, however, it increases the concentration of propionate in the rumen, also it decreases the body fat deposits without affecting performance, and most of the carcass and meat characteristics. The inclusion of 7.2% of CB, the amount of SFA decreases and the meat's n-polyunsaturated fatty acids increase relatively, it also affects the composition of fatty acids (FA) with a significant increase in FA-trans, especially 18:1t10. In addition, the inclusion of 7.2% it does not cause changes in the histomorphometric characteristics of the gastrointestinal tract and changes in liver and kidney tissue that compromise negatively performance.

Key words: Alternative food. *Cocos nucifera* L. Lauric acid. Sheep. Rumen papillae. Trans10-shift.

LISTA DE TABELAS

Capítulo I - Referencial Teórico

Tabela 1 - Composição química de subprodutos da agroindústria do coco	21
Tabela 2 - Composição de ácidos graxos do subproduto de processamento do coco, torta de coco e do óleo de coco (%)	22

Capítulo II - A inclusão do subproduto de processamento do coco na dieta de cordeiros influencia o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e os parâmetros ruminais

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	40
Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	41
Tabela 3 – Consumo de matéria seca e nutrientes por cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	46
Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes por cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	47
Tabela 5 – Balanço de nitrogênio (N) em cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	47
Tabela 6 – Concentração e proporção molar de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	50

Capítulo III - Efeito da inclusão do subproduto de processamento do coco sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes e ácidos graxos das dietas para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	63
---	----

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes, composição química e ácidos graxos das dietas experimentais para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	64
Tabela 3 – Consumo de matéria seca e nutrientes por cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	71
Tabela 4 – Desempenho de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	72
Tabela 5 – Parâmetros sanguíneos de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	72
Tabela 6 – Pesos e rendimentos da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	73
Tabela 7 – Índices da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	74
Tabela 8 – Peso e rendimento de cortes cárneos da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	74
Tabela 9 – Composição tecidual e índice de musculosidade da perna de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	75
Tabela 10 – Peso e rendimento do fígado e depósitos adiposos de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	76
Tabela 11 – Características físico-químicas da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	76
Tabela 12 – Perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	77
Tabela 13 – Compostos e ácidos graxos da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	79

Capítulo IV - Cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto de processamento do coco: histomorfometria de rúmen e intestino

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	98
--	----

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	99
Tabela 3 - Medidas morfométricas da mucosa ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	103
Tabela 4 - Espessura média de mucosa, submucosa, muscular e células caliciformes do intestino delgado de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco	103

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I – Referencial Teórico

Figura 1 – Fluxograma geral de processamento do coco seco 20

Capítulo II - A inclusão do subproduto de processamento do coco na dieta de cordeiros influencia o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e os parâmetros ruminais

Figura 1 - Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco 48

Figura 2 - Valores de pH no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco 48

Figura 3 - Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) em função da hora de coleta no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco 49

Figura 4 - Valores de pH em função da hora de coleta no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco 49

Capítulo III - Efeito da inclusão do subproduto de processamento do coco sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros

Figura 1 – Variação do 18:1t10 na carne de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco 80

Capítulo IV - Cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto de processamento do coco: histomorfometria de rúmen e intestino

Figura 1 - Consumo de matéria seca e ganho médio diário (g/dia) de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco 102

LISTA DE ABREVIATURAS

AG – Ácidos graxos
AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta
AGCM – Ácidos graxos de cadeia média
AGI – Ácidos graxos insaturados
AGNE – Ácidos graxos não esterificados
AGS – Ácidos graxos saturados
AOL – Área de olho de lombo
BHR – Biohidrogenação ruminal
CA – Conversão alimentar
CCK - Colecistoquinina
CHT – Carboidratos totais
CLA – Ácidos linoléico conjugado
CMS – Consumo de matéria seca
CNF – Carboidratos não-fibrosos
EE – Extrato etéreo
FDA – Fibra insolúvel em detergente ácido
FDN – Fibra insolúvel em detergente neutro
GPT – Ganho de peso total
GMD – Ganho de peso médio diário
GS – Gordura subcutânea
ICC – Índice de compacidade da carcaça
ICP – Índice de compacidade da perna
IMP – Índice de musculosidade da perna
MM – Matéria mineral
MS – Matéria seca
MUFA – Ácidos graxos monoinsaturados
N – Nitrogênio
NDT – Nutrientes digestíveis totais
N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal
PB – Proteína Bruta
PCA – Peso corporal ao abate
PCF – Peso de carcaça fria
PCQ – Peso de carcaça quente
PCVZ – Peso de corpo vazio
PIDA – Proteína insolúvel em detergente ácido
PIDN – Proteína insolúvel em detergente neutro
PR – Perdas de peso por resfriamento
PUFA – Ácidos graxos poli-insaturados
RCF – Rendimento de carcaça fria
RCQ – Rendimento de carcaça quente
SC – Subproduto de processamento do coco
SCD - Esteroil CoA dessaturase
TGI – Trato gastrointestinal
VU – Volume urinário

SUMÁRIO

Considerações Iniciais	17
Capítulo I – Referencial Teórico	18
Obtenção e caracterização bromatológica do subproduto de processamento do coco ..	19
Caracterização lipídica e efeitos nutricionais de subprodutos do coco	22
Implicações dos ácidos graxos do subproduto de processamento do coco sobre o metabolismo lipídico e morfologia do trato gastrointestinal	23
Implicações dos ácidos graxos do subproduto de processamento do coco sobre a fermentação e biohidrogenação ruminal e qualidade da carne	25
Referências Bibliográficas	30
Capítulo II - A inclusão do subproduto de processamento do coco na dieta de cordeiros influencia o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e os parâmetros ruminais.	35
Introdução	38
Material e Métodos	39
Resultados	45
Discussão	50
Conclusão	54
Referências Bibliográficas	55
Capítulo III - Efeito da inclusão do subproduto de processamento do coco sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros	58
Introdução	61
Material e Métodos	62
Resultados	71
Discussão	80
Conclusão	87
Referências Bibliográficas	88
Capítulo IV - Cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto de processamento do coco: histomorfometria de rúmen e intestino	93

Introdução	96
Materiais e Métodos	97
Resultados	101
Discussão	103
Conclusão	106
Referências Bibliográficas	107
Considerações finais e implicações	110

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O consumo de carne ovina cresceu no mundo nas últimas décadas, pois houve aumento de 22,5% entre os anos de 2000 e 2013. Devido à expectativa de aumento também no Brasil, que ainda apresenta consumo de carne ovina relativamente baixo em relação a outros países, é necessária a intensificação do sistema produtivo, e a obtenção de produtos que se adequem às exigências de cada mercado consumidor. Com atenção especial para o manejo alimentar dos sistemas de produção de ruminantes, observa-se que a utilização de milho e farelo de soja, ingredientes convencionais na alimentação de cordeiros em confinamento, é dificultada devido ao preço e à competição com o mercado de alimentos para humanos e animais não-ruminantes.

Uma alternativa para alcançar níveis satisfatórios de produção e diminuir os custos relacionados a alimentação de cordeiros, é a utilização de subprodutos gerados através do processamento de frutas tropicais de agroindústrias como ingredientes da ração fornecida a cordeiros. Esses subprodutos são considerados seguros e amplamente aceitos como alimentos para animais, e sua inclusão em dietas para cordeiros pode diminuir os custos com alimentação sem comprometer a qualidade da carne.

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) encontra-se difundido em todo o mundo e sua exploração comercial tem como objetivo a obtenção da copra (endosperma do coco seco). O processamento desse material gera um grande volume do subproduto de processamento do coco (SC) que é rico em nutrientes. Sua utilização como ingrediente na dieta de cordeiros como fonte de energia e proteína pode ser uma alternativa para baratear os custos de produção, desde que seja avaliado o nível de inclusão adequado nas dietas de cordeiros. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão do SC em dietas para cordeiros. Para isso, realizou-se um ensaio para avaliar o consumo e digestibilidade de nutrientes, balanço de nitrogênio e parâmetros fermentativos; e outro ensaio para avaliar o desempenho, características da carcaça e carne, perfil lipídico da carne e morfologia do trato gastrointestinal.

Esta tese apresenta-se dividida em quatro capítulos. Capítulo I, *Referencial Teórico*. Capítulo II intitulado: *A inclusão do subproduto de processamento do coco na dieta de cordeiros influencia o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio e os parâmetros ruminais*. Capítulo III intitulado: *Efeito da inclusão do subproduto de processamento do coco sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros*. Capítulo IV intitulado: *Cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do processamento do coco: histomorfometria de rúmen e intestino*.

CAPÍTULO I

Referencial Teórico

Utilização do Subproduto de Processamento do Coco na Alimentação de Cordeiros em Confinamento

OBTENÇÃO E CARACTERIZAÇÃO BROMATOLÓGICA DO SUBPRODUTO DE PROCESSAMENTO DO COCO

O cultivo do coqueiro (*Cocos nucifera* L.) mundialmente tem como objetivo principal a obtenção da copra (endosperma do coco seco) para a exploração comercial. Na agroindústria, a copra passa por vários processos até a obtenção dos produtos comerciais finais (Figura 1), um desses processos é a “despeliculagem”, que consiste da retirada da película de cor marrom do endosperma do coco, gerando o subproduto de processamento do coco (SC) com uma alta quantidade de óleo, o qual pode ser extraído originando a torta ou farelo de coco, dependendo do método de extração empregado (Souza Júnior et al., 2011). O óleo extraído desse processo possui perfil de ácidos graxos (AG) semelhante ao extraído do endosperma, entretanto possui cor amarelada e é pouco aceito pela indústria alimentícia, sendo destinado a outros segmentos, como por exemplo, produção de sabão e/ou biocombustível (Appaiah et al., 2014).

O SC possui características bromatológicas diferentes de outros subprodutos da agroindústria do coco que são utilizados na alimentação animal, ocorrendo menor concentração de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA), e concentrações semelhantes de proteína bruta (PB), entretanto sua principal diferença está na maior concentração de extrato etéreo (EE) devido não haver a extração do óleo, que resulta em diferentes concentrações dessa fração (Tabela 1).

A concentração média de PB dos subprodutos do coco é de 216,3 g/kg de MS, e a análise da composição de aminoácidos indica uma baixa concentração de lisina e metionina e maior concentração de leucina, isoleucina e valina (Creswell e Brooks, 1971; NRC, 1994; Santoso et al., 1996; Moorthy e Viswanathan, 2009). Assim como outros subprodutos, os provenientes da agroindústria do coco são finamente moídos durante seu processamento, conferindo pouca efetividade da FDN devido ao pequeno tamanho de partícula, devendo ser observada a utilização de fibras grosseiras como o bagaço de cana-de-açúcar junto a esses subprodutos para manter as atividades de ruminação adequadas (Costa et al., 2010).

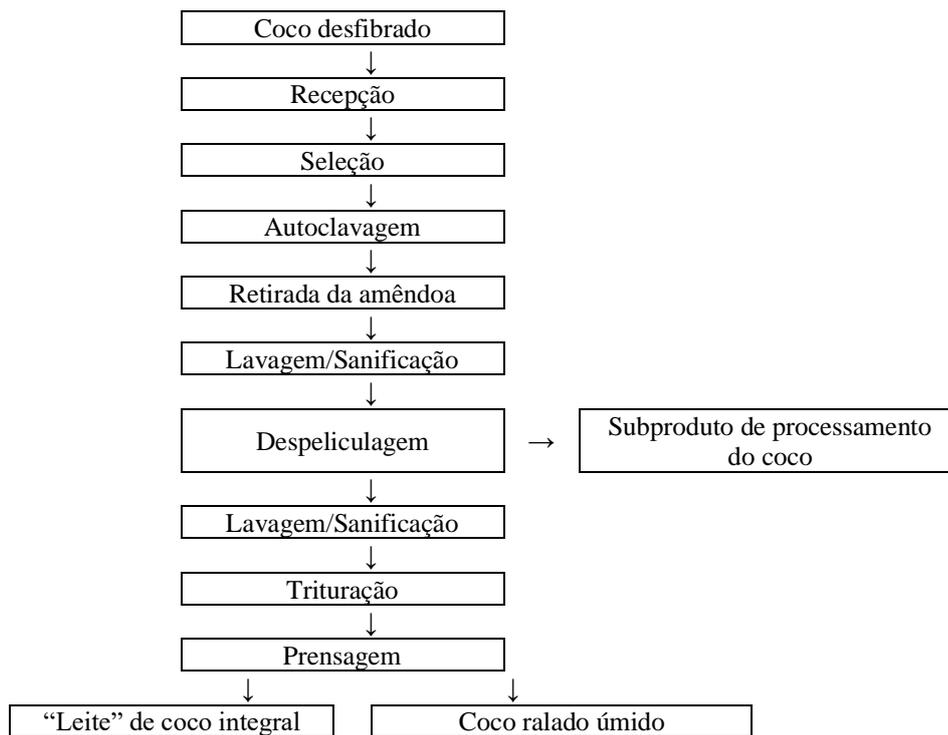


Figura 1 – Fluxograma geral de processamento do coco seco
(Adaptado de Martins e Jesus Júnior, 2011)

Tabela 1 - Composição química de subprodutos da agroindústria coco

Ingrediente (g/kg de MS)	MS	MO	MM	PB	EE	FDN	FDA	LIG	EB	Referência
Farelo de coco	882,6	945,1	54,9	173,8	241,3	-	-	-	4791	Braga et al. (2009)
Farelo de coco	904,6	925,9	74,1	227,5	28,9	-	-	-	-	Moorthy e Viswanathan (2009)
Pelete da torta de coco	900,0	939,0	61,0	214,0	77,0	570,0	310,0	81,0	4538	Galgal e McMeniman (1994)
Subproduto de processamento do coco ¹	960,0	986,0	14,0	93,0	590,0	-	-	-	-	Appaiah et al. (2014)
Subproduto de processamento do coco ²	942,0	972,0	28,0	184,0	394,0	255,0	113,0	38,0	-	-
Torta de coco	900,0	921,0	79,0	242,0	96,0	-	-	-	3559	Aregheore (2006)
Torta de coco	891,9	951,9	45,6	224,0	88,0	467,1	185,9	30,0	5461	Souza Júnior et al. (2011)
Torta de coco	907,9	968,6	31,4	216,4	190,5	406,2	277,9	-	-	Bosa et al. (2012)
Média	897,8	945,3	57,67	216,3	120,3	481,1	257,9	55,5	4587	

MS = Matéria Seca, MO = Matéria Orgânica, MM = Matéria Mineral, PB = Proteína Bruta, EE = Extrato Etéreo, FDN = Fibra em Detergente Neutro, FDA = Fibra em Detergente Ácido, LIG = Lignina, EB = Energia Bruta (kcal/kg).

¹Denominado no artigo em língua inglesa como “Testa”.

²Dados obtidos no SC utilizado no presente trabalho.

CARACTERIZAÇÃO LIPÍDICA E EFEITOS NUTRICIONAIS DE SUBPRODUTOS DO COCO

A maioria dos subprodutos de origem vegetal possuem maiores quantidades de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) ou poli-insaturados (PUFA), diferentemente, nos subprodutos oriundos da agroindústria do coco há predominância de ácidos graxos saturados (AGS; Joele et al., 2014; Salami et al., 2019), o que é uma importante característica para um ingrediente de ração animal rica em óleo em regiões tropicais, pois os MUFA são mais propensos à oxidação. A concentração média de AGS em relação ao total de AG nos subprodutos da agroindústria do coco é de 60%, com predominância de ácidos graxos de cadeia média (AGCM), entretanto a concentração entre esses AG's é diferente de acordo com o tipo de subproduto (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição de ácidos graxos do subproduto de processamento do coco, torta de coco e do óleo de coco (%)

	Subproduto de processamento do coco ¹	Torta de coco ²	Óleo de coco ³
8:0	3,9	-	5,8
10:0	3,8	-	4,8
12:0	40,9	3,7	49,1
14:0	20,9	14,0	21,8
16:0	11,3	30,4	8,4
16:1	-	3,9	-
18:0	1,6	8,3	2,8
18:1	12,2	32,1	6,1
18:2	5,3	5,8	1,2
AGS	82,5	58,3	92,7
MUFA	12,2	36,0	6,1
PUFA	5,3	5,8	1,2
S/I ⁴	4,7	1,4	12,7

MUFA = Ácidos graxos monoinsaturados, PUFA = Ácidos graxos poli-insaturados.

¹Appaiah et al. (2014); ²Peixoto Joele et al. (2014); ³Bhatnagar et al. (2009); ⁴Relação entre AGS e AGI.

Em relação aos acilgliceróis, o SC é composto em média por 0,6% de monoglicerídeos, 5,3% de diglicerídios e 94,1% de triglicerídeos (Appaiah et al., 2004), e o perfil de AG é muito semelhante ao do óleo de coco comercializado mundialmente, uma vez que não há a extração desse componente. Assim, há predominância do ácido láurico (12:0) e mirístico (14:0), representando 61,8% do total de AG. Já na torta de coco a extração parcial do óleo resulta em maior extração do 12:0, acarretando maior concentração de 14:0 e ácido palmítico (16:0), entretanto há aumento também da concentração do ácido oléico (18:1), diminuindo a relação entre AGS e AGI.

Diferenças na composição de AG e no teor de lipídios de um determinado ingrediente podem influenciar a sua utilização em dietas para ruminantes, causando efeitos sobre a flora ruminal e o metabolismo animal, ocasionando em diferentes respostas no padrão de fermentação e consumo de nutrientes, e conseqüentemente, no desempenho e qualidade da carne (Adeyemi et al., 2016; Klop et al., 2017).

Diversos autores que avaliaram o efeito da inclusão da torta ou do farelo de coco em dietas para cordeiros sobre o consumo de nutrientes, chegaram a conclusão que aproximadamente 6% de inclusão na MS é o nível ótimo por aumentar o consumo de MS, de EE e de PB (Braga et al., 2009; Souza Júnior et al., 2011; Bosa et al., 2012). Esse incremento no CMS e de PB pode melhorar o desempenho e aumentar a produção de carcaças de cordeiros devido ao maior consumo de energia e dos AG que compõem os subprodutos do coco, entretanto, não existem relatos na literatura sobre a utilização desses subprodutos e seus efeitos sobre a fermentação ruminal, desempenho, características da carcaça e carne, e morfologia do trato gastrointestinal de cordeiros.

IMPLICAÇÕES DOS ÁCIDOS GRAXOS DO SUBPRODUTO DE PROCESSAMENTO DO COCO SOBRE O METABOLISMO LIPÍDICO E MORFOLOGIA DO TRATO GASTROINTESTINAL

Após passarem pelo rúmen e alcançarem o intestino para absorção, os ácidos graxos não esterificados (AGNE) são esterificados em triacilgliceróis nos enterócitos, incorporados aos quilomícrons e circulam pelo sistema linfático. De acordo com Wu et al. (1991) mais de 90% dos AG mais curtos que 14:0 desaparecem ao passar pelo rúmen. Assim, os AGCM que compõem o SC, possuem absorção mais rápida e mais eficiente, e alcançam diretamente a circulação portal e são transportados ao fígado pela albumina como AGNE, sem a necessidade de acesso pelo sistema linfático (Marten et al., 2006). Ao atingirem o fígado através do transporte hepático e linfático, são metabolizados rapidamente no fígado, sendo utilizados como fontes de energia para órgãos extra-hepáticos no corpo, contribuindo assim para menor acúmulo de gordura corporal e maior acúmulo de músculo (Dayrit, 2014).

Do ponto de vista energético, essas ocorrências são positivas, visto que os cordeiros em confinamento podem atender mais rapidamente as suas exigências energéticas diárias, obtendo maiores ganhos e diminuindo o tempo até o abate, ou seja, havendo uma intensificação do

sistema. Além disso, uma vez que os lipídios fornecem mais energia que os carboidratos, podem reduzir o incremento calórico, o consumo de MS e consequentemente os custos de produção. Além disso, o consumo de dietas com 12:0 está relacionado ao aumento de propionato no rúmen (Faciola e Broderick, 2014), que por sua vez estimula fortemente o metabolismo epitelial do rúmen, fazendo com que aconteça um maior desenvolvimento das papilas ruminais (Suárez et al., 2006). O maior desenvolvimento das papilas ruminais ocasiona uma maior área de absorção com os produtos da fermentação ruminal que são absorvidos fornecendo energia para os cordeiros (Lesmeister et al., 2004).

A alimentação com fontes de 12:0 e 14:0 está relacionada ao aumento da deposição desses AG na carne de cordeiros (Parente et al., 2020), e do colesterol em ratos (Kritchvsky e Tepper, 1965), e possivelmente em cordeiros. Esses AGs e o colesterol podem se acumular na carne dos animais, aumentando também, o colesterol plasmático após o consumo da carne por humanos (Denke, 2006).

A alimentação de ruminantes com fontes de 12:0 está relacionada a perturbações das populações de microrganismos no rúmen, com formação de MUFA-trans, que tem sido relacionado a problemas cardiovasculares em humanos (Hunter et al., 2010), apesar de não haver um consenso claro (Bessa et al., 2000). Essa associação entre consumo de gorduras animais e doenças cardiovasculares tem sido estudada e as recomendações variam de gorduras totalmente excluídas a um consumo moderado de gorduras devido ao seu papel essencial no organismo, assim, recentemente a ênfase mudou da quantidade de gordura para a qualidade da gordura (Albenzio et al., 2016).

Apesar da discussão relacionada aos problemas cardiovasculares em humanos, é consenso que a carne de ruminantes apresenta isômeros do ácido linoléico conjugado (CLA), que são resultantes da biohidrogenação ruminal (BHR) realizada por bactérias, sendo que alguns exercem poderosos efeitos biológicos, incluindo efeitos anticancerígenos, antilipogênicos e prevenção da osteoporose (Albertazzi e Coupland, 2002; Kelley et al., 2007; Park et al., 2007).

IMPLICAÇÕES DOS ÁCIDOS GRAXOS DO SUBPRODUTO DE PROCESSAMENTO DO COCO SOBRE A FERMENTAÇÃO E BIOHIDROGENAÇÃO RUMINAL E QUALIDADE DA CARNE

Fontes de AGCM, principalmente ricas em 12:0, ou 12:0 não esterificado, são responsáveis por causarem efeitos diversos sobre os microrganismos ruminais e metabolismo, como redução da população de protozoários, aumento das concentrações de propionato (Faciola e Broderick, 2014), diminuição da metanogênese no rúmen (Dohme et al., 2000; Klop et al., 2017) e redução do CMS (Dohme et al., 2004; Hristov et al., 2011).

No rúmen, ocorre extensa hidrólise dos triglicerídeos advindos da ração pela ação das lipases dos microrganismos ruminais, ocorrendo liberação de AGNE, bem como pequenas quantidades de mono e diglicerídios, permitindo que o glicerol liberado dos triglicerídeos seja fermentado a ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Entretanto os AGs dos alimentos são oxidados e degradados de maneira pouco significativa no rúmen devido às características anaeróbicas do rúmen, que impede uma oxidação eficiente (Jenkins, 1993).

Das linhagens bacterianas conhecidas, *Butyrivibrio fibrisolvens* e *Anaerovibrio lipolytica* são capazes de hidrolisar a ligação éster, entretanto a lipase de *B. fibrisolvens* hidrolisa fosfolipídios, e *A. lipolytica* hidrolisa apenas di e triglicerídeos e suas taxas de hidrólise diferem. A atividade lipolítica também ocorre nos protozoários ciliados, entretanto em uma taxa menor que a das bactérias (Dehority, 2003).

Antes de atingirem o intestino para absorção, alguns AGNE apresentam toxicidade para os microrganismos ruminais, principalmente para *Archaea* metanogênicas, protozoários e bactérias gram positivas, representadas em sua maioria pelas celulolíticas. Essa toxicidade é relacionada a natureza anfifílica dos AGs e incluem além dos PUFA de cadeia longa, os AGCM (10 a 14 átomos de carbono) (Matsumoto et al., 1991; Bagaldo et al., 2019).

Para contornar a toxicidade dos PUFA, os microrganismos desenvolveram a biohidrogenação como mecanismo de autodefesa, para converterem os PUFA em AGS, que por sua vez são menos tóxicos; entretanto, os microrganismos não possuem mecanismos de defesa contra os AGCM, ocorrendo assim, uma seleção de grupos de microrganismos no rúmen quando estão presentes em dietas.

Dentre os AGCM, o 12:0 é o que apresenta maior atividade antibacteriana, e este AG esterificado ao glicerol, identificado como monolaurina, é muitas vezes mais biologicamente ativo que o 12:0 livre na diminuição de bactérias; já ao contrário da monolaurina, os

diglicerídeos e triglicerídeos possuem menor atividade contra microrganismos (Kabara et al., 1977; Nitbani et al., 2016).

O efeito bactericida dos AGCM é atribuído à solubilização de lipídios e fosfolipídios no envelope das bactérias causando a sua desintegração, sendo que as bactérias gram positivas são mais susceptíveis aos efeitos que as bactérias gram negativas (Preuss et al., 2005; Lieberman et al., 2006), além disso, sugere-se que esse efeito também esteja relacionado à sua interferência na transdução do sinal de replicação celular, diminuindo a proliferação desses microrganismos (Projan et al., 1994).

Trabalhos como o de Hristov et al. (2009), Faciola e Broderick (2014) e Yuste et al. (2019), têm demonstrado que além das bactérias, há uma diminuição consistente da contagem de protozoários no rúmen quando fontes de AGCM ricas em 12:0 (por exemplo, o óleo de coco) são adicionadas à dieta desses animais. Essa defaunação dos protozoários tem mostrado como efeito positivo a diminuição da produção de metano no rúmen, como discutido em uma meta-análise por Patra et al. (2013).

Os protozoários são bastantes efetivos sobre a degradação de proteínas e engolfamento de bactérias no rúmen (Williams e Coleman, 1992), dessa forma a diminuição da contagem de protozoários no líquido ruminal, tem sido associada ao favorecimento da proliferação de bactérias no rúmen, devido à diminuição da predação e competição por substratos (Machmüller e Kreuzer, 1999). Assim, desde que haja substratos disponíveis para fermentação, a diminuição de protozoários e o aumento de bactérias no rúmen tem como vantagem o aumento do fluxo de proteína microbiana para absorção intestinal, contribuindo para as exigências proteicas dos cordeiros.

Entretanto, a presença de protozoários no rúmen tem sido relacionada a estabilidade da fermentação ruminal, por engolfar grânulos de amido fazendo uma degradação mais lenta, auxiliando na manutenção do pH (Ushida et al., 1991). Além disso, são capazes de ficarem contidos no rúmen-retículo após a alimentação, migrando contra a corrente peristáltica de volta ao conteúdo ruminal, quando o animal se alimenta novamente (Abe et al., 1981). Assim, a ausência de protozoários no rúmen acarreta em perturbações ao ambiente ruminal ocasionando em mudanças no padrão de BHR, com impactos negativos sobre a composição lipídica da carne devido a formação do 18:1t10 (trans10-Shift), como foi discutido por Bessa et al. (2015), e será abordado novamente adiante.

Considerando que o SC possui uma pequena concentração de ácidos graxos insaturados e alta de ácidos graxos saturados, principalmente o 12:0, sua inclusão em dietas possivelmente

acarreta em pouca biohidrogenação dos AG oriundos do SC. Entretanto, uma vez que o SC é fonte de AGS de cadeia média, eles poderão agir inibindo grupos de bactérias no rúmen que realizam a BHR, e assim, poderão influenciar a biohidrogenação dos AGs provenientes dos outros ingredientes da dieta.

Como citado acima, a BHR consiste numa defesa natural das bactérias para diminuir os efeitos nocivos dos PUFA no rúmen, inserindo Hidrogênio e transformando em AGS, entretanto, nem todo PUFA é transformado em saturado no rúmen, havendo a formação de intermediários da BHR, que podem trazer benefícios a saúde (Aldai et al., 2013).

Para prover benefícios a saúde humana, o objetivo é produzir carne com teor reduzido de gordura saturada, e alta de MUFA e PUFA, particularmente n-6, n-3 e CLA, porque os últimos contribuem para a prevenção de vários tipos de câncer, aterosclerose e doença arterial coronária (Scollan et al., 2006); além dos efeitos anticarcinogênicos, esses ácidos graxos também influenciam o sistema imunológico e o metabolismo lipídico (Moloney et al., 2008), além de outros benefícios já citados.

No ácido linoléico (18:2c9,c12), após lipólise a primeira etapa da BHR inicia com a isomerização da dupla ligação cis12, formando duplas ligações conjugadas contendo a ligação trans11, formando o CLA 18:2c9,t11, conhecido como ácido rumênico. O CLA é formado como um intermediário transitório na biohidrogenação, pois a seguir, ocorre a redução da ligação cis, com formação do ácido vacênico (18:1t11), a última etapa no processo de biohidrogenação é a redução final do ácido vacênico até o ácido esteárico (18:0) (Yang et al., 2019). Palmquist e Jenkins (1980) citam que as bactérias celulolíticas por serem as mais influenciadas pela suplementação com gordura e diminuição de pH sejam os principais microrganismos responsáveis pela biohidrogenação.

A maioria dos isômeros de CLA é produzida no rúmen, no entanto alguns deles também podem ser produzidos endogenamente nos tecidos a partir de MUFA-trans, produzindo, por exemplo, CLAc9,t7 e cis9, CLAc9,t11 no tecido (Corl et al, 2001, 2002). Cerca de 20 a 30% do ácido vacênico (18:1t11) absorvido no intestino por ruminantes é convertido nos tecidos em cis9, trans11-CLA pela enzima $\Delta 9$ dessaturase (Estearoil CoA dessaturase-SCD) (Gruffat et al., 2008), sendo que há uma estimativa de que até 80% do CLA depositado nos tecidos, seja oriunda da conversão endógena de 18:1t11 depositado nos tecidos (Palmquist et al., 2004).

O ácido rumênico é considerado o isômero CLA mais biologicamente ativo porque é o isômero predominante incorporado nos fosfolipídios da membrana (Ha et al., 1990). Assim, segundo Bessa et al., (2015) maximizar o fornecimento ruminal de 18:1t11 para absorção, está

intimamente relacionado a maior produção de CLA_{c9,t11} em ruminantes, e as estratégias para elevar essa produção são: aumentar o fornecimento de PUFA no rúmen, evitar a formação do trans₁₀-Shift, inibir a última etapa da biohidrogenação evitando a redução a 18:0, e no tecido animal estimular a atividade da enzima Δ^9 dessaturase (Esteroil CoA dessaturase-SCD) para maior produção de CLA.

Como citado acima, dietas com maior teor de 12:0 causam uma diminuição na contagem de protozoários, e ocasionam no aumento da concentração de propionato no rúmen. Esse aumento poderia provocar uma resposta no organismo aumentando os níveis séricos de insulina, fazendo com que a atividade da SCD fosse positivamente influenciada (Mauvoisin e Mounier, 2011), assim, a atividade de dessaturação poderia ocorrer mais ativamente, formando mais CLA no músculo.

Quando fontes de AGCM são adicionados à dieta ocorre um desvio da BHR com a formação do trans₁₀-shift, e diminuição do fornecimento ruminal de 18:1t11 (Parente et al., 2020). A substituição do 18:1t11 para 18:1t10 como principal AG trans, é reflexo de uma mudança nas vias da BHR que é conhecida como trans₁₀-shift (Bessa et al., 2015). Essa mudança ocorre em dietas com alto teor de amido e baixa quantidade de forragem, que ocorre quando os animais estão em confinamento, sendo que o 18:1t10 passa a ser o principal AG encontrado (Aldai et al., 2013).

O problema do 18:1t10 reside no fato de que seu aumento pode acarretar em uma diminuição do 18:1t11, e dessa forma o teor de CLA_{c9,t11} não aumenta ou pode até diminuir, uma vez que a SCD só possui atividade no t7 e 18:1t10 (Bessa et al., 2005; Parente et al., 2020), havendo dessa forma um acúmulo do 18:1t10 no músculo dos animais.

Parente et al., (2020) avaliaram o efeito do óleo de babaçu (49% de 12:0) sobre o desempenho, qualidade da carne e perfil de AG da carne de cordeiros. Entre os resultados encontrados, os animais alimentados com a dieta contendo 4% desse óleo consumiram cerca de 25% a menos de MS que os animais alimentados com uma dieta controle sem adição de óleo, e obtiveram um ganho de peso e produção de carcaça similar, entretanto os depósitos adiposos (renal e intramuscular) corporais dos cordeiros que consumiram o óleo de babaçu foram reduzidos, esses acontecimentos foram atribuídos ao acesso hepático direto e maior oxidação do 12:0 no fígado (Marten et al., 2006; Dayrit 2014).

Na análise instrumental da carne de cordeiros alimentados com óleo de babaçu, os autores não encontraram diferenças para a cor, força de cisalhamento, perdas por cocção e capacidade de retenção de água, como também não encontraram alterações nas características

sensoriais (Parente et al., 2020). A análise da composição lipídica revelou que o consumo da dieta com o óleo de babaçu pelos cordeiros não modificou o teor de CLAc9,t11, entretanto aumentou o teor de 12:0 e 14:0 no músculo, o que é um problema, pois o aumento desses AG na carne pode ser entendido como um produto que não é saudável, visto que esses AGs são hipercolesterolêmicos, e o consumo desses está associado a um risco aumentado de doença coronariana (Hunter et al., 2010).

Outro efeito negativo encontrado sobre a composição lipídica do músculo de cordeiros alimentados com óleo de babaçu e que foi relacionado à presença de 12:0 no rúmen foi o aumento dos MUFA-trans (Parente et al., 2020). O principal MUFA encontrado foi 18:1t10, sendo essa ocorrência relacionada ao aumento da biohidrogenação com t10-shift, aumentando a razão entre t10/t11 para 8,63, ocasionada pelas condições estressantes no rúmen com a presença do 12:0. Apesar desses efeitos negativos, o teor de CLA no músculo não foi alterado.

Portanto, os estudos recentes apontam que a utilização de fontes lipídicas na dieta de ruminantes pode influenciar o consumo, desempenho, bem como as características da carcaça e da carne dos animais. Em relação à utilização de subprodutos oriundos da agroindústria do coco, espera-se que em níveis elevados ocorra uma diminuição do CMS pelos animais, entretanto faltam trabalhos que avaliem o desempenho e a qualidade da carne de cordeiros alimentados com esses subprodutos, uma vez que devido a sua composição lipídica pode ocorrer uma maior utilização dos ácidos graxos e aumentar a deposição de tecido muscular. Poucas são as informações na literatura sobre a utilização do 12:0 como fonte de energia na dieta de cordeiros para produção de carne. Desse modo, devido aos efeitos conhecidos do 12:0 sobre a fermentação ruminal, mais trabalhos são necessários para avaliar as implicações sobre composição lipídica da carne desses animais. A necessidade de maiores pesquisas com esse produto acontece principalmente pelo indício de que seu uso em dietas para cordeiros em confinamento pode implicar na ocorrência do trans10-Shift, o que vai contra os anseios atuais para melhoria da composição lipídica da carne.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abe, M., Iriki, T., Tobe, N., Shibui, H., 1981. Sequestration of holotrich protozoa in the reticulo-rumen of cattle. *Appl. Environ. Microbiol.* 41, 758–765. <https://doi.org/10.1128/aem.41.3.758-765.1981>
- Adeyemi, K.D., Sazili, A.Q., Ebrahimi, M., Samsudin, A.A., Alimon, A.R., Karim, R., Karsani, S.A., Sabow, A.B., 2016. Effects of blend of canola oil and palm oil on nutrient intake and digestibility, growth performance, rumen fermentation and fatty acids in goats. *Anim. Sci. J.* 87, 1137–1147. <https://doi.org/10.1111/asj.12549>
- Albenzio, M., Santillo, A., Avondo, M., Nudda, A., Chessa, S., Pirisi, A., Banni, S., 2016. Nutritional properties of small ruminant food products and their role on human health. *Small Rumin. Res.* 135, 3–12. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2015.12.016>
- Albertazzi, P.; Coupland, K. Polyunsaturated fatty acids. Is there a role in postmenopausal osteoporosis prevention? *Maturitas*, v.42, n.1, p.13–22, 2002
- Aldai, N., de Renobales, M., Barron, L.J.R., Kramer, J.K.G., 2013. What are the trans fatty acids issues in foods after discontinuation of industrially produced trans fats? Ruminant products, vegetable oils, and synthetic supplements. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 115, 1378–1401. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201300072>
- Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth Kumar, P.K., Gopala Krishna, A.G., 2014. Composition of coconut testa, coconut kernel and its oil. *JAOCs, J. Am. Oil Chem. Soc.* 91, 917–924. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2447-9>
- Aregheore, E.M., 2006. Utilization of concentrate supplements containing varying levels of copra cake (*Cocos nucifera*) by growing goats fed a basal diet of napier grass (*Pennisetum purpureum*). *Small Rumin. Res.* 64, 87–93. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.04.003>
- Bagaldo, A.R., Miranda, G.S., Soares Júnior, M.S.F., de Araújo, F.L., Matoso, R.V.M., Chizzotti, M.L., Bezerra, L.R., Oliveira, R.L., 2019. Effect of Licuri cake supplementation on performance, digestibility, ingestive behavior, carcass traits and meat quality of grazing lambs. *Small Rumin. Res.* 177, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.020>
- Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J.M.R., Portugal, A. V., 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livest. Prod. Sci.* 63, 201–211. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00117-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00117-7)
- Bessa, R.J.B., Portugal, P. V., Mendes, I.A., Santos-Silva, J., 2005. Effect of lipid supplementation on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular lipids of lambs fed dehydrated lucerne or concentrate. *Livest. Prod. Sci.* 96, 185–194. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2005.01.017>
- Bessa, R.J.B., Alves, S.P., Santos-Silva, J., 2015. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117, 1325–1344. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400468>
- Bhatnagar, A.S., Prasanth Kumar, P.K., Hemavathy, J., Gopala Krishna, A.G., 2009. Fatty acid composition, oxidative stability, and radical scavenging activity of vegetable oil blends with coconut oil. *JAOCs, J. Am. Oil Chem. Soc.* 86, 991–999. <https://doi.org/10.1007/s11746-009-1435-y>
- Bosa, R., Faturi, C., Vasconcelos, H.G.R., Cardoso, A.M., Ramos, A.F.O., de Azevedo, J.C., 2012. Consumo e digestibilidade aparente de dietas com diferentes níveis de inclusão de torta de coco para alimentação de cordeiros. *Acta Sci. - Anim. Sci.* 34, 57–62. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i1.11936>

- Braga, A.P., Aguiar, E.M. De, Postal, C., 2009. Evaluation of Apparent Consumption and Digestibility of Diets With Different Levels of Meal Coco. *Rev. Caatinga* 22, 249–256.
- Corl, B.A., Baumgard, L.H., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., Phillips, B.S., Bauman, D.E., 2001. The role of Δ^9 -desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. *J. Nutr. Biochem.* 12, 622–630. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(01\)00180-2](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(01)00180-2)
- Corl, B.A., Baumgard, L.H., Griinari, J.M., Delmonte, P., Morehouse, K.M., Yurawecz, M.P., Bauman, D.E., 2002. Trans-7,cis-9 CLA is synthesized endogenously by δ^9 -desaturase in dairy cows. *Lipids* 37, 681–688. <https://doi.org/10.1007/s11745-002-0949-4>
- Costa, D.A. da, Ferreira, G.D.G., Araújo, C.V., Nogueira, J.C., Moreira, G.R., Figueiredo, M.R.P., 2010. Consumo e digestibilidade de dietas com níveis de torta de dendê para cordeiros. *Rev. Bras. Saúde e Produção Anim.* 11, 783–792. <https://doi.org/1519-9940>
- Creswell, D.C., Brooks, C.C., Co, P., Gross, E., 1971. Composition, apparent digestibility and energy evaluation of coconut oil and coconut meal. *J. Anim. Sci.* 33, 366–369.
- Dayrit, F.M., 2014. The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 92, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2562-7>
- Dehority, B.A., 2003. *Rumen Microbiology*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, 372 pp.
- Denke, M.A., 2006. Dietary fats, fatty acids, and their effects on lipoproteins. *Curr. Atheroscler. Rep.* 8, 466–471. <https://doi.org/10.1007/s11883-006-0021-0>
- Dohme, F., Machmüller, A., Wasserfallen, A., Kreuzer, M., 2000. Comparative efficiency of various fats rich in medium-chain fatty acids to suppress ruminal methanogenesis as measured with RUSITEC. *Can. J. Anim. Sci.* 80, 473–482. <https://doi.org/10.4141/a99-113>
- Dohme, F., Machmüller, F., Sutter, F., Kreuzer, M., 2004. Digestive and metabolic utilization of lauric, myristic and stearic acid in cows, and associated effects on milk fat quality. *Arch. Anim. Nutr.* 58, 99–116. <https://doi.org/10.1080/00039420410001667485>
- Faciola, A.P., Broderick, G.A., 2014. Effects of feeding lauric acid or coconut oil on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern, digestion, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 5088–5100. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-7653>
- Galgali, K.K., McMeniman, N.P., Norton, B.W., 1994. Effect of copra expeller pellet supplementation on the flow of nutrients from the rumen of sheep fed low quality pangola grass (*Digitaria decumbens*). *Small Rumin. Res.* 15, 31–37. [https://doi.org/10.1016/0921-4488\(94\)90056-6](https://doi.org/10.1016/0921-4488(94)90056-6)
- Gruffat, D., Rémond, C., Durand, D., Loreau, O., Bauchart, D., 2008. 9cis,11trans conjugated linoleic acid (CLA) is synthesized and desaturated into conjugated 18:3 in bovine adipose tissues. *Animal* 2, 645–652. <https://doi.org/10.1017/S175173110700153X>
- Ha, Y.L., Storkson, J., Pariza, M.W., 1990. Inhibition of Benzo(a)pyrene-induced Mouse Forestomach Neoplasia by Conjugated Dienoic Derivatives of Linoleic Acid. *Cancer Res.* 50, 1097–1101. <https://doi.org/10.2307/3001478>
- Hristov, A.N., Vander Pol, M., Agle, M., Zaman, S., Schneider, C., Ndegwa, P., Vaddella, V.K., Johnson, K., Shingfield, K.J., Karnati, S.K.R., 2009. Effect of lauric acid and coconut oil on ruminal fermentation, digestion, ammonia losses from manure, and milk fatty acid composition in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 92, 5561–5582. <https://doi.org/10.3168/JDS.2009-2383>
- Hristov, A.N., Lee, C., Cassidy, T., Long, M., Heyler, K., Corl, B., Forster, R., 2011. Effects of lauric and myristic acids on ruminal fermentation, production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94, 382–395. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3508>

- Hunter, J.E., Zhang, J., Kris-Etherton, P.M., 2010. Cardiovascular disease risk of dietary stearic acid compared with trans, other saturated, and unsaturated fatty acids: a systematic review. *Am. J. Clin. Nutr.* 91, 46–63.
- Jenkins, T.C., 1993. Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.* 76:3851–3863.
[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77727-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9)
- Joele, M.R.S.P., Lourenço Júnior, J.B., Lourenço, L.F.H., Amaral Ribeiro, S.C., Meller, L.H., 2014. Buffalo meat from animals fed with agro industrial in Eastern Amazon. *Arch. Zootec.* 63, 359–369.
<https://doi.org/10.4321/s0004-05922014000200014>
- Kabara, J.J., Vrable, R., Lie Ken Jie, M.S.F., 1977. Antimicrobial lipids: Natural and synthetic fatty acids and monoglycerides. *Lipids* 12, 753–759. <https://doi.org/10.1007/BF02570908>
- Kelley, N. S., Hubbard, N. E., Erickson, K. L., Conjugated linoleic acid isomers and cancer. *J. Nutr.* 2007, 137, 2599–2607.
- Klop, G., Dijkstra, J., Dieho, K., Hendriks, W.H., Bannink, A., 2017. Enteric methane production in lactating dairy cows with continuous feeding of essential oils or rotational feeding of essential oils and lauric acid. *J. Dairy Sci.* 100, 3563–3575. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12033>
- Kritchevsky, D., Tepper, S.A., Story, J.A., 1979. Influence of Sapogenins on Cholesterol Metabolism in Rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 160, 126–129. <https://doi.org/10.3181/00379727-160-40403>
- Lesmeister, K.E., Tozer, P.R., Heinrichs, A.J., 2004. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. *J. Dairy Sci.* 87, 1336–1344. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73283-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73283-X)
- Lieberman, S., Enig, M.G., Preuss, H.G., 2006. A Review of Monolaurin and Lauric Acid. *Altern. Complement. Ther.* 310–314.
- Machmüller, A., Kreuzer, M., 1999. Methane suppression by coconut oil and associated effects on nutrient and energy balance in sheep, *J. Anim. Sci.* 79, 65–72. <https://doi.org/10.4141/A98-079>
- Marten, B., Pfeuffer, M., Schrezenmeir, J., 2006. Medium-chain triglycerides. *Int. Dairy J.* 16, 1374–1382. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.06.015>
- Martins, C.R., Jesus Junior, L.A. De, 2011. Evolução da produção de coco no Brasil e o comércio internacional: panorama 2010. *Doc. Embrapa* 164, 32.
- Matsumoto, M., Kobayashi, T., Takenaka, A., Itabashi, H., 1991. Defaunation effects of medium-chain fatty acids and their derivatives on goat rumen protozoa. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 37, 439–445. <https://doi.org/10.2323/jgam.37.439>
- Mauvoisin, D., Mounier, C., 2011. Hormonal and nutritional regulation of SCD1 gene expression. *Biochimie* 93, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2010.08.001>
- Moloney, A.P., Scollan, N.D., Miles, L., 2008. Enrichment of n-3 fatty acids and conjugated linoleic acid in beef: ProSafeBeef. *Nutr. Bull.* 33, 374–381. <https://doi.org/10.1111/j.1467-3010.2008.00737.x>
- Moorthy, M., Viswanathan, K., 2009. Nutritive Value of Extracted Coconut (Cocos Nucifera) Meal. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 5, 515–517.
- Nitbani, F.O., Jumina, Siswanta, D., Solikhah, E.N., 2016. Isolation and Antibacterial Activity Test of Lauric Acid from Crude Coconut Oil (Cocos nucifera L.). *Procedia Chem.* 18, 132–140. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2016.01.021>
- NRC, National Research Council, 1994. Nutrient requirements of poultry, 9th revised edn, Washington, D.C.: National Academic Press. pp: 62–66.
- Palmquist, D.L., Jenkins, T.C., 1980. Fat in Lactation Rations: Review. *J. Dairy Sci.* 63, 1–14. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)82881-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)82881-5)

- Palmquist, D.L., St-Pierre, N., McClure, K.E., 2004. Tissue Fatty Acid Profiles Can Be Used to Quantify Endogenous Rumenic Acid Synthesis in Lambs. *J. Nutr.* 134, 2407–2414. <https://doi.org/10.1093/jn/134.9.2407>
- Parente, M. De O.M., Rocha, K.S., Bessa, R.J.B., Parente, H.N., Zanine, A. De M., Machado, N.A.F., Lourenço Júnior, J. De B., Bezerra, L.R., Landim, A.V., Alves, S.P., 2020. Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. *Meat Sci.* 160, 107971. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107971>
- Park, Y., Pariza, M. W., Mechanisms of body fat modulation by conjugated linoleic acid (CLA). *Food Res. Int.* 2007, 40, 311– 323.
- Patra, A.K., 2013. The effect of dietary fats on methane emissions, and its other effects on digestibility, rumen fermentation and lactation performance in cattle: A meta-analysis. *Livest. Sci.* 155, 244–254. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.023>
- Preuss, H.G., Echard, B., Enig, M., Brook, I., Elliott, T.B., 2005. Minimum inhibitory concentrations of herbal essential oils and monolaurin for gram-positive and gram-negative bacteria. *Mol. Cell. Biochem.* 272, 29–34. <https://doi.org/10.1007/s11010-005-6604-1>
- Projan SJ, Brown-Skrobot S, Schlievert PM. Glycerol monolaurate inhibits the production of B-lactamase, toxic shock syndrome toxin-1 and other staphylococcal exoproteins by interfering with signal transduction. *J Bacteriol* 1994;176:4204–4209.
- Salami, S.A., Luciano, G., O’Grady, M.N., Biondi, L., Newbold, C.J., Kerry, J.P., Priolo, A., 2019. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 251, 37–55. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.02.006>
- Santoso, U., Kubo, K., Ota, T., Tadokoro, T., Maekawa, A., 1996. Nutrient composition of kopyor coconuts (*Cocos nucifera* L.). *Food Chem.* 57, 299–304. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)00237-5](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)00237-5)
- Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dannenberger, D., Richardson, I., Moloney, A., 2006. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Sci.* 74, 17–33. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.05.002>
- Souza Júnior, L; Lourenço Júnior, J. B.; Santos, N. F. A.; Ferreira, G. D. G.; Garcia, A. R. E Nahúm, B. S., 2011. Ingestão de alimentos e digestibilidade aparente das frações fibrosas da torta de coco para cordeiros. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 33, 169–174. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v33i2.10406>
- Suárez, B.J., Van Reenen, C.G., Gerrits, W.J.J., Stockhofe, N., Van Vuuren, A.M., Dijkstra, J., 2006. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II. Rumen development. *J. Dairy Sci.* 89, 4376–4386. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72484-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72484-5)
- Ushida, K.; Jouany, J.P.; Demeyer, D.I. Effects of presence or absence of rumen protozoa on the efficiency of utilization of concentrate and fibrous feeds. In: Tsuda, T.; Sasaki, Y.; Kawashima, R. *Physiological aspects of digestion and metabolism in ruminants.* 1991, San Diego: Academic Press, p.625-654.
- Williams, A.G.; Coleman, G.S., 1992. *The Rumen Protozoa.* Springer-Verlag, New York, NY.
- Wu, Z., Ohajuruka, O.A., Palmquist, D.L., 1991. Ruminal Synthesis, Biohydrogenation, and Digestibility of Fatty Acids by Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 74, 3025–3034. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78488-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78488-9)

Yang, C., McKain, N., McCartney, C.A., Wallace, R.J., 2019. Consequences of inhibiting methanogenesis on the biohydrogenation of fatty acids in bovine ruminal digesta. *Anim. Feed Sci. Technol.* 254, 114189. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.05.012>

Yuste, S., Amanzougarene, Z., de la Fuente, G., de Vega, A., Fondevila, M., 2019. Rumen protozoal dynamics during the transition from milk/grass to high-concentrate based diet in beef calves as affected by the addition of tannins or medium-chain fatty acids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 257, 114273. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2019.114273>

CAPÍTULO II

A Inclusão do Subproduto de Processamento do Coco na Dieta de Cordeiros Influencia o Consumo, Digestibilidade, Balanço de Nitrogênio e os Parâmetros Ruminais

A Inclusão do Subproduto de Processamento do Coco na Dieta de Cordeiros Influencia o Consumo, Digestibilidade, Balanço de Nitrogênio e os Parâmetros Ruminais

RESUMO

O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da inclusão do subproduto de processamento do coco (SC) sobre o consumo, digestibilidade aparente, balanço de nitrogênio e parâmetros de fermentação ruminal de cordeiros. Foram utilizados cinco cordeiros sem padrão racial definido, machos não castrados, com peso inicial médio de $25,5 \pm 1,68$ kg em um delineamento em quadrado latino (5×5) em cinco tratamentos que consistiram de níveis de inclusão do SC na proporção de 0, 5, 10, 15 e 20% na matéria seca (MS). Cada período teve 15 dias de adaptação seguido de 6 dias de coleta de dados. A inclusão do SC diminuiu linearmente ($P < 0,05$) o consumo de MS, assim como o consumo de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN), carboidratos não-fibrosos, nutrientes digestíveis totais e matéria orgânica digestível dos cordeiros, entretanto, o consumo de extrato etéreo (EE) não foi influenciado ($P > 0,05$). A inclusão do SC diminuiu linearmente a digestibilidade da MS e aumentou linearmente ($P < 0,05$) a digestibilidade do EE, mas não influenciou ($P > 0,05$) a digestibilidade da FDN. Houve diminuição linear ($P < 0,05$) do nitrogênio (N) absorvido e do N retido (g/dia); entretanto, houve incremento quadrático ($P < 0,05$) para o N absorvido (%consumido). Os parâmetros de fermentação ruminal foram influenciados, sendo observado incremento quadrático para o nitrogênio amoniacal, e diminuição linear ($P < 0,05$) do pH com a inclusão do SC. A inclusão do SC não influenciou ($P > 0,05$) a concentração de acetato (mMol/L e %) no líquido ruminal; entretanto, houve incremento quadrático ($P < 0,05$) para o propionato (mMol/L e %), relação acetato:propionato e butirato (mMol/L e %). Assim, a inclusão do SC até o nível de 7,8% na MS permite o consumo de energia e proteína recomendados pelo NRC, além de um padrão fermentativo ruminal que resulta em maior fornecimento de propionato, o que indica que o SC é seguro para ser utilizado em dietas para cordeiros.

Palavras-chave: Ácido láurico. Alimento alternativo. *Cocos Nucifera* L. Ovinos. Propionato

The Inclusion of the Coconut Processing By-Product in the Lamb Diet Influences Intake, Digestibility, Nitrogen Balance and Ruminal Parameters

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of inclusion of the coconut processing by-product (CB) on intake, apparent digestibility, nitrogen balance and rumen fermentation parameters of lambs. Five lambs undefined breed, intact males, with an average initial weight of 25.5 ± 1.68 kg were used in a Latin square design (5×5) in five treatments that consisted of inclusion levels of CB in the proportion 0, 5, 10, 15 and 20% in dry matter (DM). Each period had 15 days of adaptation followed by 6 days of data collection. The inclusion of CB decreased linearly ($P < 0.05$) the DM intake, as well as the intake of crude protein, neutral detergent fiber (NDF), non-fibrous carbohydrates, total digestible nutrients and digestible organic matter of the lambs, however, the intake ether extract (EE) was not affected ($P > 0.05$). The inclusion of CB linearly decreased the digestibility of DM and linearly increased ($P < 0.05$) the digestibility of EE, but did not influence ($P > 0.05$) the digestibility of NDF. There was a linear decrease ($P < 0.05$) of the nitrogen (N) absorbed and of the retained N (g/day); however, there was a quadratic increase ($P < 0.05$) for the absorbed N (% intake). The ruminal fermentation parameters were affected, with a quadratic increase for ammoniacal nitrogen, and a linear decrease ($P < 0.05$) of the pH with increasing levels of CB inclusion. The inclusion of CB did not influence ($P > 0.05$) the concentration of acetate (mMol/L and%) in the rumen liquid; however, there was a quadratic increase ($P < 0.05$) for propionate (mMol/L and%), acetate: propionate and butyrate ratio (mMol/L and%). Thus, the inclusion of CB up to the level of 7.8% in the DM allows the intake of energy and protein recommended by the NRC, in addition to a ruminal fermentation pattern that results in a greater supply of propionate, which indicates that CB is safe to be used in lamb diets.

Key words: Alternative food. *Cocos Nucifera* L. Lauric acid. Propionate. Sheep

INTRODUÇÃO

A produção e processamento de frutas tem crescido no mundo e, conseqüentemente, também a quantidade de subprodutos gerados. Esses subprodutos são considerados seguros e sua inclusão em dietas para cordeiros pode contribuir diminuindo os custos com alimentação, além de evitar o acúmulo de resíduos orgânicos no meio ambiente (Salami et al., 2019). Um subproduto que desperta interesse para uso em dietas para cordeiros, devido às suas características nutricionais, é o proveniente do processamento do coco (*Cocos nucifera* L.). A produção mundial de coco está situada em torno de 61,9 milhões de toneladas, sendo o Brasil o quarto maior produtor mundial (FAO, 2019). O processamento dessa oleaginosa gera o subproduto de processamento do coco (SC), que é obtido através da raspagem do endosperma da copra, e possui elevado teor de lipídios, considerável teor de proteína bruta e baixo teor de carboidratos não-fibrosos.

Apesar de apresentar características nutricionais que despertam interesse para utilização em dietas de cordeiros, o SC possui alto teor de ácido láurico (12:0) (Appaiah et al., 2014). Esse ácido graxo (AG) tem sido relacionado à diminuição do consumo de matéria seca (MS; Hristov et al., 2011), à diminuição da digestibilidade da proteína (Newbold et al., 2015) e às mudanças em populações de microrganismos ruminais (Yuste et al., 2019). No entanto, é um AG de rápida absorção intestinal e metabolização (Dayrit, 2014), e sua presença em dietas está relacionada ao aumento das concentrações de propionato no rúmen (Klop et al., 2017). Apesar dos efeitos apontados para o 12:0, não há dados sobre os parâmetros ruminais de cordeiros alimentados com o SC.

Diante dos efeitos da adição de lipídios nas dietas para ruminantes, existe um limite de inclusão do SC em dietas para cordeiros até que ocorra uma diminuição do consumo de MS, assegurando o fornecimento de energia ao animal. O objetivo desse estudo foi avaliar o efeito da inclusão do subproduto de processamento do coco sobre o consumo, digestibilidade aparente, balanço de nitrogênio e parâmetros de fermentação ruminal de cordeiros.

MATERIAL E MÉTODOS

Comitê de ética de uso de animais e local do experimento

O experimento foi conduzido de acordo com os padrões éticos e aprovado pelo Comitê de Ética de Uso de Animais da Universidade Federal de Alagoas (Protocolo nº 01/2018). O experimento foi desenvolvido no galpão de confinamento de pequenos ruminantes, pertencente à Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, localizado no município de Arapiraca – AL. O município de Arapiraca está situado na região do agreste alagoano, sob as coordenadas geográficas 9°45'6"S, 36°39'37"W, com altitude de 280 metros. De acordo com Koppen (Kottek et al., 2006), o clima é classificado como tropical com estação seca. Durante a realização do experimento a temperatura ambiental média do galpão foi de 26 °C, e umidade relativa do ar de 75%.

Animais utilizados e dietas experimentais

Foram utilizados cinco cordeiros sem padrão racial definido, machos não castrados, com média de seis meses de idade e peso corporal (PC) de 25,5±1,68 kg. A área experimental destinada aos animais foi composta por baias individuais, com dimensões de 1,0 m × 1,6 m, com acesso a bebedouro e comedouro, dispostas em galpão de confinamento coberto. Antes do início do período experimental, todos os animais foram identificados através de brincos e submetidos ao controle de ectoparasitos e endoparasitos (Cydectin®) e vacinados contra clostridioses (Poli-Star).

O experimento teve duração de 105 dias, sendo composto por cinco períodos de 21 dias cada, dos quais, os primeiros 15 dias de cada período foi destinado à adaptação dos animais às dietas, e os 6 dias restantes para avaliação e coleta de dados.

Foram utilizadas cinco dietas experimentais compostas por bagaço de cana-de-açúcar como volumoso, e milho, farelo de soja e o subproduto de processamento do coco (*Cocos nucifera*) (SC) como concentrados, na proporção de 30:70 com base na MS (Tabela 1). O perfil de ácidos graxos dos ingredientes e das dietas experimentais estão expostos nas tabelas 2 e 4. Os tratamentos consistiram de níveis de inclusão do SC na proporção de 0, 5, 10, 15 e 20% na MS.

As dietas foram formuladas de forma a atender às exigências nutricionais dos animais para ganho de 200 g por dia, de acordo com as recomendações nutricionais do NRC (2007).

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

	Bagaço de cana-de-açúcar	Subproduto do coco	Milho	Farelo de soja
Matéria seca ¹	605	871	870	885
Matéria orgânica ²	960	969	985	942
Matéria mineral ²	40	31	15	58
Proteína bruta ²	17	196	92	440
Extrato etéreo ²	11	345	45	31
Fibra em detergente neutro ^{2,3}	741	291	94	123
Cinzas insolúveis em detergente neutro ²	67	12	12	0
Proteína insolúvel em detergente neutro ²	10	23	7	22
Fibra em detergente ácido ^{2,3}	530	121	16	63
Cinzas insolúveis em detergente ácido ²	30	5	10	9
Proteína insolúvel em detergente ácido ²	10	4	0	3
Lignina ²	94	31	0	0
Carboidratos não- fibrosos ^{2,3}	192	137	753	349
Carboidratos totais ²	932	428	848	472
Ácidos graxos ⁴				
Ácidos graxos saturados	40	88	29	22
Ácido cáprico (10:0)	0	4	1	0
Ácido láurico (12:0)	0	38	8	0
Ácido mirístico (14:0)	0	17	4	0
Outros	40	29	17	22
MUFA ⁵	31	8	29	19
PUFA ⁶	29	4	42	59

¹g/kg de matéria natural; ²g/ kg de matéria seca; ³Corrigido para cinzas e proteínas; ⁴g/100g de ácidos graxos totais; ⁵Ácidos graxos monoinsaturados; ⁶Ácidos graxos poli-insaturados.

Determinação do consumo e coeficiente de digestibilidade aparente

A alimentação foi fornecida *ad libitum* duas vezes ao dia, na proporção de 60% às 8 horas e 40% às 16 horas. Para estimar o consumo voluntário, as sobras foram recolhidas e pesadas diariamente. Em seguida, o consumo foi mensurado pela diferença entre a oferta de ração e sobra de cada animal. A quantidade fornecida foi ajustada a cada dois dias, baseada na ingestão voluntária do animal com estimativa de sobras de aproximadamente 12%.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Ingredientes ²	Inclusão do subproduto do coco (%)				
	0	5	10	15	20
Bagaço de cana	300	300	300	300	300
Subproduto do coco	0	50	100	150	200
Milho	401	359	316	274	232
Farelo de soja	259	251	244	236	228
Calcário calcítico	4	4	4	4	4
Ureia	10	10	10	10	10
Sal comum	16	16	16	16	16
Sal mineral	10	10	10	10	10
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Composição química					
Matéria seca ¹	800	800	800	800	800
Matéria orgânica ²	938	937	937	936	936
Matéria mineral ²	62	63	63	64	64
Proteína bruta ²	184	186	189	191	194
Extrato etéreo ²	29	44	59	75	90
Fibra em detergente neutro ^{2,3}	292	301	311	321	330
Fibra em detergente ácido ^{2,3}	182	187	192	197	201
Lignina	31,1	32,6	34,2	35,8	37,3
Carboidratos não-fibrosos ^{2,3}	460	432	405	377	349
Carboidratos totais ²	752	734	716	698	680
Nutrientes digestíveis totais ²	715	743	732	725	729
Ácidos graxos ⁴					
Ácidos graxos saturados	28,0	51,2	62,8	69,8	74,5
Ácido cáprico (10:0)	0,43	1,84	2,54	2,97	3,25
Ácido láurico (12:0)	5,45	18,0	24,2	28,0	30,6
Ácido mirístico (14:0)	2,57	8,08	10,84	12,50	13,61
Outros	19,5	23,3	25,2	26,3	27,1
MUFA ⁵	26,2	19,2	15,6	13,5	12,1
PUFA ⁶	45,8	29,6	21,5	16,6	13,4

¹g/kg de matéria natural; ²g/kg de matéria seca; ³Corrigido para cinzas e proteínas; ⁴g/100g de ácidos graxos totais; ⁵Ácidos graxos monoinsaturados; ⁶Ácidos graxos poli-insaturados; Equivalente proteico da ureia = 2820,0 g/kg.

Para determinação do coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) foram utilizadas bolsas coletoras nos animais, sendo realizada a coleta total de fezes do 16º ao 20º dia de cada período experimental, com o esvaziamento das bolsas coletoras e pesagem das fezes sendo realizado uma vez por dia no período da manhã. Do 16º ao 20º dia de cada período experimental foram coletadas amostras de ingredientes, sobras e fezes, acondicionadas em sacos plásticos e

armazenadas a -18 °C para posteriores análises químicas. O cálculo do CDA foi realizado de acordo com a seguinte equação como descrito por Silva & Leão (1979), em que: $CDA (g/kg) = [(Consumo do nutriente (g) - Nutriente nas fezes (g)) / Consumo do nutriente (g)]$.

Balço de nitrogênio

No 20º dia de cada período experimental, foi realizada coleta de urina *spot*, aproximadamente quatro horas após o fornecimento das dietas, durante micção espontânea. Após a coleta, a urina foi filtrada em 4 camadas de gaze e transferida para coletor universal de polietileno, e congeladas até o momento da análise. Uma alíquota da urina foi utilizada para determinar o N total pelo método Kjeldahl (AOAC, 2020; método 968.06). Para cálculo do volume urinário (VU) foi multiplicado o peso corporal (PC) pela excreção diária de creatinina (mg/kg PC) e dividiu-se o produto pela concentração de creatinina (mg/L) na urina spot de cada animal. A excreção diária de creatinina utilizada foi de 23,2 mg/kg de PC, obtida por Kozloski et al. (2005). O N absorvido (g/dia) foi obtido pela diferença entre o N ingerido e o excretado nas fezes, enquanto a retenção de N foi obtida pelo N consumido (g/dia) - N excretado nas fezes - N excretado na urina (g/dia). O balanço de N foi calculado pela relação N retido/N consumido e N retido/ N absorvido.

Determinação dos parâmetros ruminais

No 21º dia de cada período experimental, foram coletadas amostras de líquido ruminal (± 100 mL) através de sonda esofágica e bomba a vácuo (SOLAB, Modelo SL-62, Brasil). A primeira amostra foi coletada antes da alimentação matinal (tempo 0), e as posteriores obedeceram aos seguintes horários: 2, 4, 6 e 8 horas após o fornecimento da ração, totalizando 5 coletas por período e tratamento. A digesta foi filtrada usando gaze, o líquido foi homogeneizado e o pH mensurado através de potenciômetro digital (LUCADEMA, Modelo LUCA-210, Brasil) imediatamente após a coleta.

Após mensuração do pH, foram retiradas duas alíquotas de 50 mL de líquido ruminal em frascos separados e armazenadas a -18°C, sendo que uma foi acidificada com 1 mL de ácido

sulfúrico 1:1 para subsequente análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), e outra para análise dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC): acético, propiônico, butírico e láctico.

Para determinação do N-NH₃, no momento da análise, as amostras foram descongeladas, acrescentadas de ácido tricloroacético, centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos e analisadas por destilação de Kjeldahl de acordo com Souza et al. (2013).

Para quantificação dos AGCC, as amostras foram descongeladas a temperatura ambiente, acrescentadas de ácido metafosfórico (20%) e centrifugadas a 13000g durante 20 minutos. A identificação e quantificação dos ácidos: acético, propiônico, butírico e láctico foi realizada em um Cromatógrafo Líquido de Alto Desempenho (HPLC) (SHIMADZU, modelo SPD-10A VP) acoplado ao Detector Ultra Violeta (UV), utilizando-se um comprimento de ondas: 210 nm. Coluna: HPX-87H; Marca: BIORAD; Medida: 30 cm x 4.5 mm de diâmetro; Fluxo na Coluna de 0,8 ml/minuto; Pressão na Coluna 78 Kgf; Fase Móvel: Água em 0,05 MM de Ácido Sulfúrico; Volume Injetado: 20 µL.

Análises químicas

As amostras de ingredientes, sobras e fezes foram pré-secas a 55 °C por 72 h, em estufa de circulação de ar forçado e moídas em moinho de faca, com peneiras de porosidades de 1 mm e 2 mm. As amostras dos ingredientes foram liofilizadas (LABCONCO, FreeZone 2.5, E.U.A.), embaladas a vácuo e armazenadas a -20° para posterior análise de ácidos graxos. As determinações de MS (método AOAC 934.01), matéria mineral (MM; método AOAC 942.05), proteína bruta (PB, método AOAC 954.01), extrato etéreo (EE; método AOAC 920.39) e lignina (método AOAC 973.18) foram realizadas de acordo com a AOAC (2019). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com Mertens (2002). A FDN e FDA foram corrigidas para isenção de cinzas e proteína, em que os resíduos da digestão em detergente neutro e em detergente ácido foram incinerados em mufla a 600°C por 2 horas, e a correção para proteína foi efetuada mediante proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) de acordo com Licitra et al. (1996).

Para estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF) da dieta e sobras foi utilizada a equação proposta por Hall (2000): $CNF (g/kg) = 1000 - [(PB - PB \text{ derivada da ureia} + ureia) + FDN_{cp} + EE + cinzas]$; e para estimativa dos carboidratos totais (CHT) foi utilizada a equação

proposta por Sniffen et al. (1992): $CHT (g/kg) = 1000 - (PB + EE + MM)$, em que: PB = proteína bruta, FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteínas, EE = extrato etéreo. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos através dos dados da digestibilidade aparente observados, e calculado segundo Weiss (1999): $Consumo\ de\ NDT = (PB\ ingerida - PB\ fecal) + 2,25 \times (EE\ ingerido - EE\ fecal) + (FDNcp\ ingerido - FDNcp\ fecal) + (CNF\ ingerido - CNF\ fecal)$, e $NDT (g/kg) = (Consumo\ de\ NDT / Consumo\ de\ MS) \times 100$.

Análise de ácidos graxos

Os ésteres metílicos de AGs dos lipídios dos alimentos foram preparados por uma etapa de extração usando HCl 1,25 N em metanol e C19:0 como padrão interno (Sukhija & Palmquist, 1988). Os ésteres metílicos de AGs foram analisados por cromatografia gasosa acoplada à detecção de ionização por chama (GC-FID; Shimadzu GC-2010 Plus, Shimadzu Corp., Kyoto, Japão) usando uma coluna capilar 100% de cianopropil polisiloxano (SP 2560; 100 m, 0,25 mm i.d. e espessura de filme de 0,20 μ m; Supelco Inc., Bellefonte, PA). A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos (FAME) foi obtida pela comparação dos tempos de retenção com os padrões autênticos (37 Component FAME Mix da Supelco Inc.) e com os cromatogramas publicados (Alves et al., 2013). Além disso, a identificação de ésteres metílicos de AGs, foi confirmada por cromatografia em fase gasosa - espectrometria de massa (CG-MS) usando um cromatógrafo CG-MS QP 2010 Plus (Shimadzu Corp.). As condições cromatográficas para CG-FID foram as seguintes: as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas a 220 ° C e 250 ° C, respectivamente; a temperatura inicial do forno de 50 ° C foi mantida por 1 min, aumentada a 50 ° C / min para 150 ° C e mantida por 20 min, aumentada a 1 ° C / min a 190 ° C e depois aumentada a 2 ° C / min a 220 ° C e mantida por 30 min. O hélio foi usado como gás de arraste a uma vazão de 1 mL / min e foi injetado 1 μ L de amostra (1-2 mg de FAME / ml) e a razão de divisão foi de 50: 1. A coluna capilar CG-MS e as condições do CG foram semelhantes à análise CG-FID; as condições de MS foram as seguintes: temperatura da fonte de íons a 200 ° C; Temperatura de interface de 240 ° C; Tensão de emissão de 70 eV.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino (5×5), com cinco tratamentos, cinco períodos e cinco animais. Para análise estatística, os dados foram submetidos a análise de variância e regressão (modelo linear e quadrático), aplicando o procedimento misto (PROC MIXED) no SAS - *University Edition*. Animais e períodos foram considerados efeitos aleatórios, e a equação de regressão obtida foi considerada significativa quando $P \leq 0,05$, sendo os modelos escolhidos baseados nos valores dos coeficientes de determinação e no comportamento biológico. Foi considerada uma tendência quando o valor de P esteve entre 0,05 e 0,10; e utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij}(k) = \mu + T_i + A_j + P_k + \epsilon_{ij}(k)$$

Em que:

$Y_{ij}(k)$ = valor observado para variável em estudo referente ao K-ésimo animal na i-ésima coluna e j-tratamento;

μ = Média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

T_i = Efeito fixo do tratamento i;

A_j = Efeito aleatório do animal j;

P_k = Efeito aleatório do período k.

RESULTADOS

Consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio

A inclusão do SC diminuiu linearmente ($P < 0,05$) o consumo de MS (CMS) e, conseqüentemente, o consumo de matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), carboidratos não-fibrosos (CCNF), carboidratos totais (CCHT), nutrientes digestíveis totais (CNDT) e matéria orgânica digestível (CMOD), assim como o CMS quando expresso em g/kg de PC e g/kg de PC^{0,75} (Tabela 3). Entretanto, o consumo de EE (CEE) não foi influenciado ($P > 0,05$) pela inclusão do SC, apresentando valor médio de 38,1 g/dia.

Tabela 3 – Consumo de matéria seca e nutrientes por cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Consumo	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	5	10	15	20		L	Q
Matéria seca, g/dia	991,9	886,4	589,8	513,6	442,6	59,39	<0,0001 ¹	0,7792
Matéria seca, g/kg PC	35,6	31,5	20,5	17,8	15,6	1,99	<0,0001 ²	0,7389
Matéria seca, g/kg PC ^{0,75}	81,7	72,5	47,4	41,3	36,1	4,61	<0,0001 ³	0,7408
Matéria orgânica, g/dia	926,5	826,3	556,2	480,2	415,8	55,32	<0,0001 ⁴	0,8032
Proteína bruta, g/dia	200,2	184,8	111,4	104,4	95,1	12,79	<0,0001 ⁵	0,7432
Extrato etéreo, g/dia	31,0	40,3	34,5	40,1	40,9	3,01	0,3057	0,6837
Fibra em detergente neutro, g/dia	251,1	220,2	189,0	152,8	133,7	13,25	0,0004 ⁶	0,8610
Carboidratos não-fibroso, g/dia	461,2	396,2	231,4	191,7	153,7	29,98	<0,0001 ⁷	0,5446
Carboidratos totais, g/dia	712,4	616,4	420,4	344,5	287,4	42,43	<0,0001 ⁸	0,7695
NDT, g/dia	707,4	659,2	433,1	374,0	334,2	43,68	<0,0001 ⁹	0,8876
Matéria orgânica digestível, g/dia	666,0	604,9	386,6	322,6	280,3	41,50	<0,0001 ¹⁰	0,9657

¹Y = 979,16-29,432x (R² = 0,93); ²Y = 34,938-1,0715x (R² = 0,92); ³Y = 80,301-2,45x (R² = 0,93); ⁴Y = 914,54-27,352x (R² = 0,94); ⁵Y = 197,33-5,8157x (R² = 0,87); ⁶Y = 249,81-6,0436x (R² = 0,99); ⁷Y = 450,74-16,391x (R² = 0,93); ⁸Y = 700,59-22,436x (R² = 0,96); ⁹Y = 707,92-20,635x (R² = 0,92); ¹⁰Y = 662,84-21,074x (R² = 0,93).

A inclusão do SC promoveu incremento quadrático (P<0,05) na digestibilidade do extrato etéreo (DEE) e dos carboidratos não-fibrosos (DCNF), e não alterou (P>0,05) a digestibilidade da fibra em detergente neutro (DFDN). Houve uma tendência (P=0,0858) para incremento quadrático da digestibilidade da proteína bruta (DPB), com valor máximo de 850 g/kg ingerido, estimado para o nível de inclusão de 7,8 % do SC. A digestibilidade da matéria seca (DMS) e matéria orgânica (DMO) diminuiu linearmente com a inclusão do SC (P<0,05; Tabela 4).

A inclusão do SC diminuiu linearmente (P<0,05) o N consumido (g/dia), N fecal e o N urinário, assim como a absorção e a retenção de N (Tabela 5). Proporcionalmente ao N consumido, houve uma tendência (0,0885) para aumento linear do N retido, e incremento quadrático (P<0,05) para o N absorvido.

Tabela 4 – Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes por cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Digestibilidade	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	5	10	15	20		L	Q
Matéria seca, g/kg	702,8	715,5	678,5	652,1	639,7	8,40	0,0073 ¹	0,1618
Matéria orgânica, g/kg	721,6	731,0	693,7	668,7	653,4	8,17	0,0015 ²	0,1321
Proteína bruta, g/kg	836,6	853,1	850,0	835,0	825,4	5,59	0,8431	0,0858 ³
Extrato etéreo, g/kg	624,4	770,3	842,1	852,6	883,7	21,8	<0,0001	0,0002 ⁴
Fibra em detergente neutro, g/kg	431,2	421,4	447,2	423,2	414,4	8,2	0,9831	0,6910
Carboidratos não-fibrosos, g/kg	842,2	855,4	812,3	759,8	723,4	12,0	0,0002	0,0201 ⁵
Carboidratos totais, g/kg	699,9	699,1	647,5	607,4	577,1	11,2	<0,0001 ⁶	0,0931

¹Y = 715,62-3,791x (R² = 0,86); ²Y = 733,41-3,9753x (R² = 0,89); ³Y = 838,91+2,8697x-0,1839x² (R² = 0,87); ⁴Y = 632,89+28,637x-0,831x² (R² = 0,98); ⁵Y = 849,7-0,4543x-0,3103x² (R² = 0,96); ⁶Y = 713,65-6,7474x (R² = 0,95).

Tabela 5 – Balanço de nitrogênio (N) em cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	5	10	15	20		L	Q
N consumido, g/dia	32,1	29,6	17,8	16,7	15,2	2,05	<0,0001 ¹	0,7433
N fecal, g/dia	5,4	4,4	2,7	2,7	2,5	0,36	<0,0001 ²	0,2303
N absorvido, g/dia	26,7	25,2	15,1	14,0	12,7	1,71	<0,0001 ³	0,9125
N urinário, g/dia	12,8	11,9	4,8	4,8	4,1	0,90	<0,0001 ⁴	0,6609
N retido, g/dia	13,9	13,4	10,3	9,2	8,7	1,24	0,0356 ⁵	0,8621
N retido, % consumido	41,8	43,9	56,3	51,4	50,8	2,67	0,0885 ⁶	0,4872
N absorvido, % consumido	83,7	85,3	85,0	83,5	82,5	0,56	0,8441	0,0857 ⁷

¹Y = 31,594-0,931x (R² = 0,87); ²Y = 5,0185-0,1486x (R² = 0,84); ³Y = 26,575-0,7825x (R² = 0,87); ⁴Y = 12,55-0,4896x (R² = 0,82); ⁵Y = 14,025-0,2929x (R² = 0,93); ⁶Y = 43,73+0,5113x (R² = 0,46); ⁷Y = 83,901+0,2869x-0,0184x² (R² = 0,88).

Nitrogênio amoniacal ruminal, pH e Ácidos graxos de cadeia curta

Os parâmetros de fermentação ruminal foram influenciados pela inclusão do SC, sendo observado incremento quadrático (P<0,05) para o N amoniacal ruminal (N-NH₃), e diminuição linear (P<0,05) do pH com a inclusão do SC (Figura 1 e 2). O pH e N-NH₃ foram influenciados de forma quadrática (P<0,05) pela hora da coleta (Figura 3 e 4), mas não houve interação entre tratamento × hora.

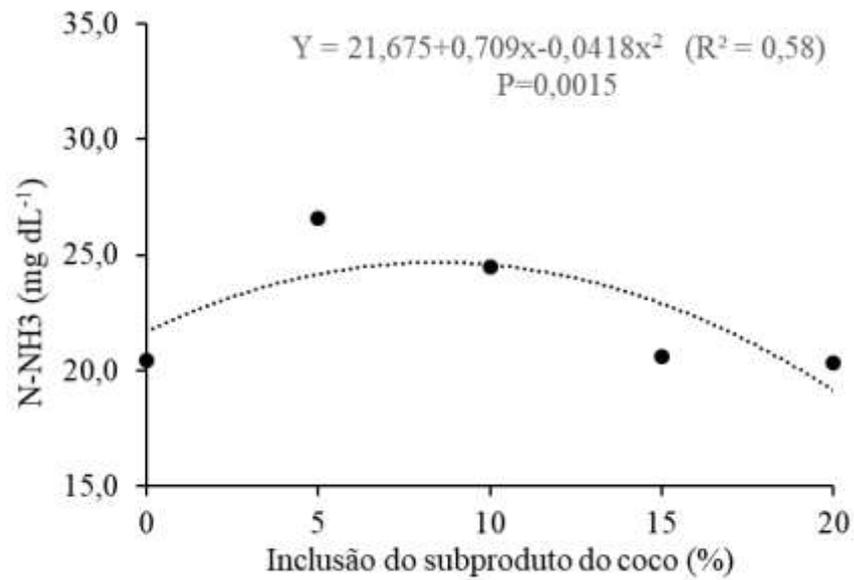


Figura 1 - Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

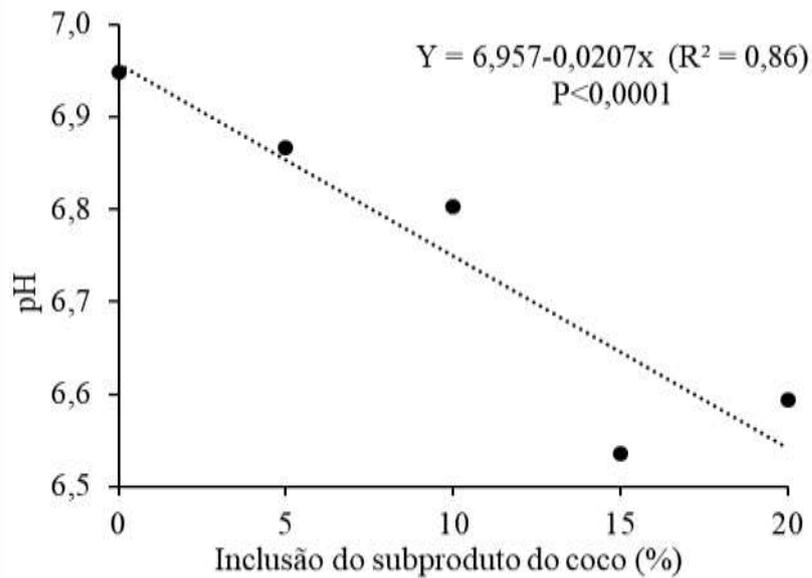


Figura 2 - Valores de pH no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

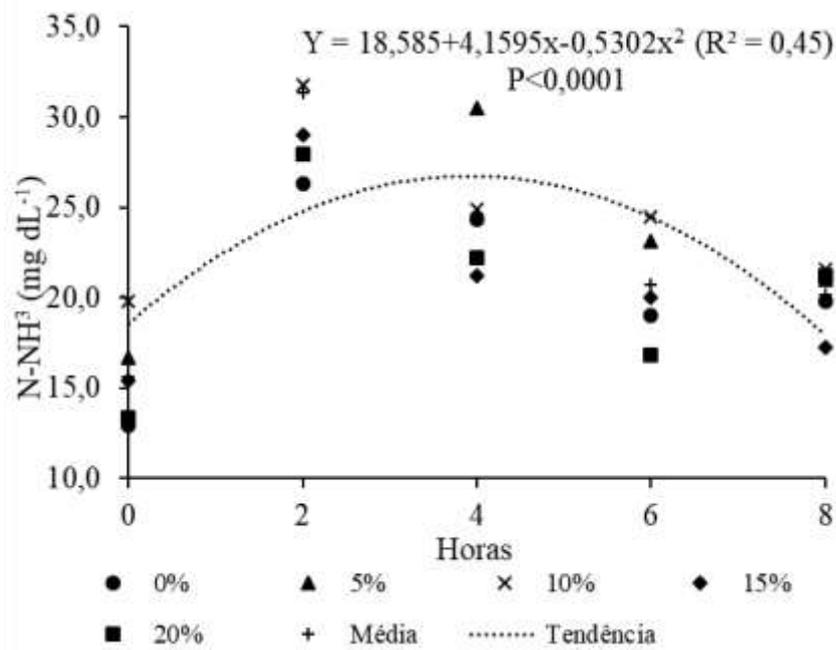


Figura 3 - Concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) em função da hora de coleta no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

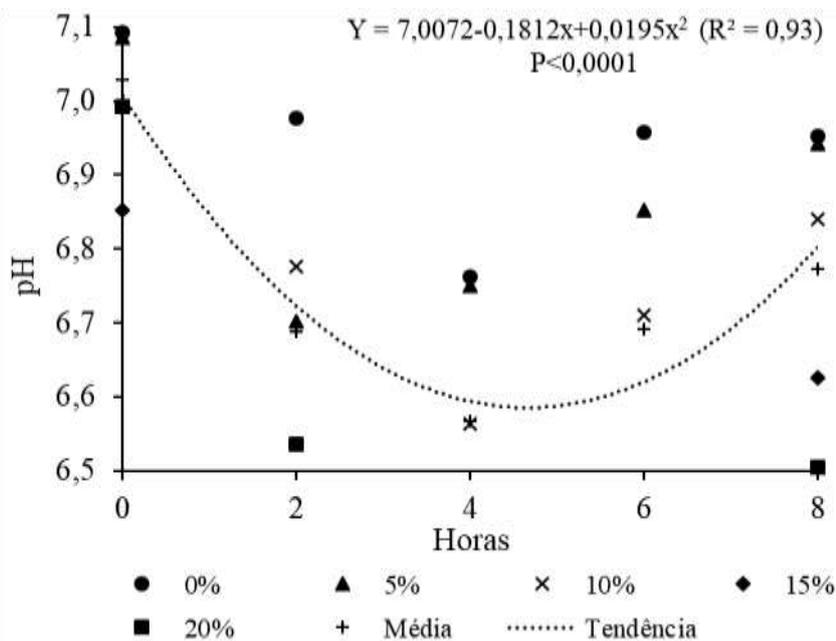


Figura 4 - Valores de pH em função da hora de coleta no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

A inclusão do SC não influenciou ($P > 0,05$) a concentração de acetato (mMol /L ou %) no líquido ruminal; entretanto, houve uma tendência ($P = 0,0615$) para incremento quadrático ($P < 0,05$) da concentração de propionato (mMol/ L), com o valor máximo de 15,8 mMol /L

estimado para o nível de inclusão de 10,6% do SC, e assim, ocasionou em redução quadrática para a relação acetato:propionato (Tabela 6). A proporção molar de propionato apresentou incremento quadrático ($P < 0,05$). Houve uma redução quadrática ($P < 0,05$) para o butirato (%), com o valor mínimo de 8,0%, estimado para o nível de 11,6% de inclusão do SC. O total de ácidos graxos (mMol/L ou %) no líquido ruminal não foi influenciado ($P > 0,05$) pela inclusão do SC, hora da coleta ou pela interação tratamento \times tempo.

Tabela 6 – Concentração e proporção molar de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) no líquido ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	5	10	15	20		L	Q
	mMol/L							
Acetato	28,1	27,6	29,0	27,7	27,7	0,33	0,9279	0,5680
Propionato	13,0	14,5	16,6	14,7	13,7	0,46	0,0774	0,0615 ¹
Butirato	4,7	4,0	3,8	4,1	4,0	0,12	0,0786	0,0305 ²
Lactato	0,2	0,1	0,1	0,3	0,2	0,02	0,0659	0,0471 ³
Acetato:Propionato	2,2	2,0	1,9	2,1	2,2	0,05	0,1774	0,0436 ⁴
Total	45,9	46,3	49,5	46,8	45,5	0,70	0,3535	0,2765
	Proporção molar (%)							
Acetato	61,4	59,8	59,3	59,9	61,6	0,45	0,2147	0,2371
Propionato	28,0	31,2	32,7	30,8	29,1	0,55	0,0446	0,0209 ⁵
Butirato	10,3	8,7	7,7	8,8	8,9	0,23	0,0122	0,0062 ⁶
Lactato	0,4	0,3	0,3	0,6	0,4	0,03	0,1043	0,0432 ⁷

¹Y = 12,859+0,5543x-0,0261x² (R² = 0,83); ²Y = 4,5928-0,1162x +0,0045x² (R² = 0,75); ³Y = 0,1485+0,0042x -1E-04x² (R² = 0,14); ⁴Y = 2,2299-0,059x+0,003x² (R² = 0,96); ⁵Y = 28,077+0,7948x-0,0378x² (R² = 0,94); ⁶Y = 10,215-0,375x+0,0161x² (R² = 0,84); ⁷Y = 0,3322+0,0043x+4E-05x² (R² = 0,16).

DISCUSSÃO

A diminuição linear do CMS (g/dia, g/kg de PC e g/kg PC^{0,75}) com a inclusão do SC está associada ao seu perfil de AG e teor de EE das dietas. Em conjunto, esses dois fatores desencadearam uma série de respostas metabólicas que integraram sinais no centro de saciedade cerebral e diminuíram o CMS. Do total de AG encontrados no SC, 59,2% foi composto por ácidos graxos saturados de cadeia média (AGCM) (10:0; 12:0 e 14:0), com predominância do ácido láurico (12:0; 38,1%). De forma direta, esses AGCM diminuíram o CMS, até certo ponto, através do atendimento energético, pois devido a sua melhor absorção no intestino, ao acesso hepático direto na forma de AGs não esterificados (AGNE), e a oxidação mitocondrial mais rápida, são utilizados como fontes de energia para órgãos extra-hepáticos no corpo (Dayrit,

2014). A diminuição do CMS também foi observada em outras pesquisas ao utilizarem AGCM em dietas para ruminantes (Steele e Moore, 1968; Jouany, 1996; Machmüller e Kreuzer, 1999; Dohme et al., 2004; Haddad e Younis, 2004; Bhatt et al., 2011). Indiretamente o ácido láurico também pode ter influenciado o CMS devido a tendência para o incremento quadrático observado para o propionato (mMol/L), pois, existem no rúmen de cordeiros, receptores de propionato que transmitem sinais ao centro de saciedade regulando o CMS, como proposto por Baile (1971), e demonstrado por Farningham e White (1993) quando observaram diminuição linear no CMS de cordeiros com a infusão na veia porta de propionato de sódio a taxas entre 0,6 e 2,5 mmol por minuto.

Outro fator que contribuiu para a diminuição do CMS foi o aumento dos teores de EE nas dietas. De um modo geral, o consumo de dietas ricas em lipídios estimula a liberação de colecistoquinina (CCK) no intestino, que, por sua vez, age diretamente nos centros de saciedade do cérebro reduzindo o CMS e a motilidade intestinal (Reidelberger, 1994). Apesar do menor CMS não ter ocorrido ao mesmo nível de inclusão do SC em que houve o valor máximo de propionato (mMol/L), a combinação do 12:0, CCK e propionato nos maiores níveis de inclusão do SC ocasionaram, possivelmente, maior redução do CMS.

Apesar da redução do CMS, o SC possui considerável teor de PB e é bastante energético e, assim, contribuiu para uma maior densidade energética por kg de MS das dietas com a inclusão do SC. Assim, a estimativa de inclusão até 7,8% garantiu o consumo de energia e de PB recomendando pelo NRC (2007) para ganho de peso de 200 g/dia.

Com exceção do EE, a concentração dos demais componentes das dietas foi semelhante e, por este motivo a diminuição linear do CMS ocasionou o mesmo efeito para o consumo dos demais nutrientes avaliados. Já a ausência de efeito para o CEE se deve por este ter sido o único componente em que a concentração foi aumentada em proporção da MS com a inclusão do SC, assim, a redução no CMS fez com que o CEE não fosse influenciado.

Além disso, o aumento do EE nas dietas com a inclusão do SC ocasionou em incremento quadrático para a digestibilidade do EE. Outros autores também encontraram maior digestibilidade do EE quando esse componente estava presente em maior quantidade na dieta (Kumar et al., 2006; Bhatt et al., 2011), e no presente trabalho, está relacionado à maior quantidade de AGCM, uma vez que são absorvidos, transportados e oxidados mais eficientemente que AG de cadeia longa (Dohme et al., 2004). Esse efeito indica que cordeiros alimentados com maiores níveis de SC obtém maior parcela de energia da dieta através da digestão intestinal, uma vez que há pouca oxidação de AG no rúmen (Hall e Eastridge, 2014).

Esse fato fica evidente com o aumento da camada mucosa do intestino delgado em cordeiros alimentados com níveis semelhantes de SC (Capítulo IV, Tabela 5), uma vez que maior espessura de mucosa indica maior altura de vilosidade intestinal, o que permite maior área de contato com os nutrientes e favorece a digestão e absorção (Yansari et al., 2004; Gabriel et al., 2008; Montanholi et al., 2013).

Apesar da diminuição linear do pH com a inclusão do SC, o valor encontrado foi elevado para dietas contendo 700 g de concentrado por kg de MS. O valor de pH possivelmente se deve à alta quantidade de fibra fisicamente efetiva do bagaço de cana-de-açúcar, que estimulou a mastigação, ruminação e salivação de forma eficiente, e, conseqüentemente tamponou do rúmen. Além disso, o líquido ruminal foi coletado por sonda esofágica, e pode ter havido contaminação por saliva que por sua vez eleva o pH devido ser rica em bases.

A FDN do bagaço de cana-de-açúcar possui baixa digestibilidade, uma vez que a FDN das dietas foi resultante em sua maior parte desse volumoso, possivelmente, a digestibilidade da FDN não foi influenciada, devido os teores do bagaço de cana-de-açúcar ser o mesmo em todos os tratamentos. Além disso, o fato da digestibilidade da FDN não ter sido alterada mesmo com o aumento do teor de EE nas dietas, possivelmente é um efeito indireto da CCK ao diminuir o CMS e a motilidade intestinal. Isso ocasionou em aumento do tempo de retenção da dieta no rúmen, permitindo que houvesse maior tempo para adesão, colonização e degradação microbiana às partículas dos alimentos, ocasionando em maior extensão da degradabilidade das partículas no rúmen.

Já o incremento quadrático observado para a digestibilidade dos CNF, de PB e nitrogênio amoniacal ruminal (N-NH₃), indica que, indiretamente e até certo ponto, o 12:0 do SC favoreceu a proliferação da população de bactérias no rúmen. O 12:0 possui um forte efeito supressor na população de protozoários no rúmen (Patra e Yu, 2013; Faciola e Broderick, 2014). Assim, é plausível que com a inclusão do SC, até certo ponto, houve diminuição da população de protozoários, com o favorecimento da proliferação de populações de bactérias no rúmen devido à diminuição da competição por substratos, uma vez que, os protozoários são bastante efetivos sobre a degradação substratos no rúmen e engolfamento de bactérias no rúmen (Leng, 1989). Machmüller e Kreuzer (1999) observaram efeito semelhante ao alimentarem cordeiros com dietas contendo 7% de óleo de coco por 23 dias, sendo observada redução na contagem de protozoários de $1,82 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$ para $0,28 \times 10^5 \text{ mL}^{-1}$, e aumento na contagem de bactérias de $2,54 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$ para $3,77 \times 10^9 \text{ mL}^{-1}$.

Desse modo, mesmo com a diminuição do consumo de PB, possivelmente houve aumento do fluxo de proteína microbiana para o intestino delgado, e aumentou a digestibilidade da PB até o valor máximo de 850 g/kg de MS ao nível de 7,8%. A diminuição do butirato (mMol^{-1} e %) até esse nível, corrobora a maior digestibilidade ocasionada pelo fluxo de proteína microbiana, pois quando há degradação proteica no rúmen os valores de butirato tendem a aumentar. Entretanto, após esse nível de inclusão houve redução no consumo de PB e de N-NH_3 no rúmen, como também não houve energia suficiente para proliferação microbiana devido à redução no CMS e consumo de CNF. Além disso, devido ao aumento de N-NH_3 após 2 horas da alimentação, sugere-se que houve menor disponibilidade de CNF no rúmen, havendo falta de sincronismo entre proteína e energia para maior síntese de proteína microbiana.

Devido à diminuição linear do consumo de PB com a inclusão do SC, houve diminuição linear do N consumido, o N excretado nas fezes e o N da urina, assim como da absorção e retenção de N. O acontecimento do líquido ruminal dos animais alimentados com 20% de SC possuem concentração de N-NH_3 semelhante à dieta basal, possivelmente se deve a maior reciclagem de N com a inclusão do SC, pois segundo Harmeyer & Martens (1980), o déficit no consumo de PB diminui a ureia plasmática, e aumenta a reciclagem de N corporal, diminuindo as perdas de N na urina na forma de ureia. Já a tendência para incremento quadrático do N absorvido (% consumido), está relacionado aos mesmos efeitos que ocasionaram um possível aumento do fluxo de proteína microbiana para o intestino, como discutido acima.

Além disso, o efeito supressor do 12:0 sobre os protozoários, está associado a uma menor produção de metano (CH_4), o que resulta em acúmulo de hidrogênio no rúmen (Williams e Coleman, 1992; Patra e Yu, 2012; Faciola e Broderick, 2014; Klop et al., 2017). Assim, o excesso de NADH reduzido possivelmente foi canalizado para a produção de propionato até atingir valor máximo com a inclusão de 10,6% do SC. O aumento do propionato fez com que houvesse redução da relação acetato:propionato, e ao mesmo nível de inclusão (10,6%), também foi observado redução do butirato (mM e %). Nessa situação, espera-se que haja maior oferta de energia para o animal, visto que o propionato é convertido em glicose no fígado para suprimento de energia (Jenkins, 1993; Mcdonald, 2002; Hall e Eastridge, 2014).

CONCLUSÃO

Baseado nos resultados desse estudo, a inclusão do SC até o nível de 7,8% na matéria seca total garante o consumo de energia e proteína recomendados pelo NRC, além de um padrão fermentativo ruminal que resulta em maior fornecimento de propionato, o que indica que o SC é seguro para ser utilizado em dietas para cordeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, S.P., Santos-Silva, J., Cabrita, A.R.J., Fonseca, A.J.M., Bessa, R.J.B., 2013. Detailed Dimethylacetal and Fatty Acid Composition of Rumen Content from Lambs Fed Lucerne or Concentrate Supplemented with Soybean Oil. *PLoS One* 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058386>
- Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth Kumar, P.K., Gopala Krishna, A.G., 2014. Composition of coconut testa, coconut kernel and its oil. *JAOCS, J. Am. Oil Chem. Soc.* 91, 917–924. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2447-9>
- AOAC, Association of official analytical chemists, 2019. *Official Methods of Analysis*, 21ed, AOAC, Gaithersburg, MD.
- Baile, C.A., 1971. Metabolites as feedbacks for control of feed intake and receptor sites in goats and sheep. *Physiol. Behav.* 7, 819–826. [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(71\)90046-1](https://doi.org/10.1016/0031-9384(71)90046-1)
- Bhatt, R.S.S., Soren, N.M.M., Tripathi, M.K.K., Karim, S.A.A., 2011. Effects of different levels of coconut oil supplementation on performance, digestibility, rumen fermentation and carcass traits of Malpura lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 164, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.11.021>
- Dayrit, F.M., 2014. The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 92, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2562-7>
- Dohme, F., Machmüller, F., Sutter, F., Kreuzer, M., 2004. Digestive and metabolic utilization of lauric, myristic and stearic acid in cows, and associated effects on milk fat quality. *Arch. Anim. Nutr.* 58, 99–116. <https://doi.org/10.1080/00039420410001667485>
- Faciola, A.P., Broderick, G.A., 2014. Effects of feeding lauric acid or coconut oil on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern, digestion, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 5088–5100. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-7653>
- FAO, 2019. *World Production*. Disponível em: <www.faostat.org.br>. Acesso em: 27 mai. 2020.
- Farningham, D.A.H., Whyte, C.C., 1993. The role of propionate and acetate in the control of food intake in sheep. *Br. J. Nutr.* 70, 37–46. <https://doi.org/10.1079/bjn19930103>
- Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Travel, A., Lalles, J.P., 2008. Effects of whole wheat feeding on the development of the digestive tract of broiler chickens, *Animal Feed Science and Technology*, 142, 144–162
- Gomes, G.M.F., Vasconcelos, A.M., Egito, A.S., Lima, A.R., Carneiro, J.C., Landim, A. V., Fonteles, N.L.O., Salles, H.O., 2013. Degradabilidade in situ do bagaço de cana-de-açúcar para pequenos ruminantes de raças naturalizadas do Nordeste Brasileiro. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 65, 1792–1800. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000600029>
- Haddad, S. E Younis, H., 2004. The effect of adding ruminally protected fat in fattening diets on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 113, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2003.10.015>
- Hall, M.B., 2000. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen.
- Hall, M.B., Eastridge, M.L., 2014. INVITED REVIEW: Carbohydrate and fat: Considerations for energy and more. *Prof. Anim. Sci.* 30, 140–149. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30101-7](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30101-7)
- Harmeyer, J., Martens, H., 1980. Aspects of Urea Metabolism in Ruminants with Reference to the Goat. *J. Dairy Sci.* 63, 1707–1728. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(80\)83132-8](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(80)83132-8)

- Hristov, A.N., Lee, C., Cassidy, T., Long, M., Heyler, K., Corl, B., Forster, R., 2011. Effects of lauric and myristic acids on ruminal fermentation, production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94, 382–395. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3508>
- Jenkins, T.C., 1993. Lipid Metabolism in the Rumen. *J. Dairy Sci.* 76:3851-3863. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77727-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77727-9)
- Klop, G., Dijkstra, J., Dieho, K., Hendriks, W.H., Bannink, A., 2017. Enteric methane production in lactating dairy cows with continuous feeding of essential oils or rotational feeding of essential oils and lauric acid. *J. Dairy Sci.* 100, 3563–3575. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12033>
- Kozloski, G.V., Fiorentini, G., Härter, C.J., Sanchez, L.M.B., 2005. Uso da creatinina como indicador da excreção urinária em cordeiros. *Ciência Rural* 35, 98–102. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782005000100015>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Zeitschrift* 15, 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Kumar, R., Sivaiah, K., Ramana Reddy, Y., Ekambram, B., Reddy, T.J., Reddy, G.V.N., 2006. Effect of supplementation of dietary protected lipids on intake and nutrient utilization in Deccani lambs. *Trop. Anim. Health Prod.* 38, 151–158. <https://doi.org/10.1007/s11250-006-4248-0>
- Leng, R.A., 1989. Dynamics of protozoa in the rumen. In: Nolan, J.V., Leng, R.A., Demeyer, D.I. (Eds.), *The Role of Protozoa and Fungi in Ruminant Digestion, Proceeding of an International Seminar Held at the University of New England*. Armidale, NSW, Australia, pp. 51–57
- Licitra, G.; Hernandez, T. M.; Van Soest, P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v. 57, n. 4, p. 347-358.
- Machmüller, A., Kreuzer, M., 1999. Methane suppression by coconut oil and associated effects on nutrient and energy balance in sheep. *J. Anim. Sci.* 79, 65-72. <https://doi.org/10.4141/A98-079>
- McDonald, P., 2002. *Animal Nutrition*. Pearson education.
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85 (6), 1217–1240.
- Montanholi, Y., Fontoura, A., Swanson, K., Coomber, B., Yamashiro, S., Miller, S., 2013. Small intestine histomorphometry of beef cattle with divergent feed efficiency. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 55, 1-6
- NRC, National Research Council, 2007. *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington, D.C.: National Academic Press, 362p.
- Newbold, C.J., De la Fuente, G., Belanche, A., Ramos-Morales, E., McEwan, N.R., 2015. The role of ciliate protozoa in the rumen. *Front. Microbiol.* 6, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.01313>
- Patra, A.K., Yu, Z., 2012. Effects of essential oils on methane production and fermentation by, and abundance and diversity of, rumen microbial populations. *Appl. Environ. Microbiol.* 78, 4271–4280. <https://doi.org/10.1128/AEM.00309-12>
- Patra, A.K., Yu, Z., 2013. Effects of coconut and fish oils on ruminal methanogenesis, Fermentation, And abundance and diversity of microbial populations in vitro. *J. Dairy Sci.* 96, 1782–1792. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6159>
- Reidelberger, R.D., 1994. Cholecystokinin and Control of Food Intake. In: *Symposium: New Research in the Physiology of Cholecystokinin: Nutrition Issues*. American Institute of Nutrition.

- Salami, S.A., Luciano, G., O'Grady, M.N., Biondi, L., Newbold, C.J., Kerry, J.P., Priolo, A., 2019. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 251, 37–55. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.02.006>
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
- Souza, N.K.P., Detmann, E., Valadares Filho, S.C., Costa, V.A.C., Pina, D.S., Gomes, D.I., Queiroz, A.C., Mantovani, H.C., 2013. Accuracy of the estimates of ammonia concentration in rumen fluid using different analytical methods. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 65, 1752–1758. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000600024>
- Steele, W. e Moore, J., 1968. The digestibility coefficients of myristic, palmitic and stearic acids in the diet of sheep. *Journal of Dairy Research*, 35, 371-376. <https://doi.org/10.1017/S0022029900019105>
- Sukhija, P.S., Palmquist, D.L., 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *J. Agric. Food Chem.* 36, 1202–1206. <https://doi.org/10.1021/jf00084a019>
- Weiss, W.P., 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: *Cornell nutrition conference for feed manufacturers*, 61., 1999, *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, p.176-185.
- Williams, A. G.; G. S. Coleman. 1992. *The Rumen Protozoa*. Springer-Verlag, New York, NY.
- Witte, V. C., Krause, G. F., Bailey, M. E., 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *Journal of food Science*, 35, 582–585. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1970.tb04815.x>
- Yansari, A.T., Valizadeh, R., Naserian, A., Christensen, D.A., Yu, P., Shahroodi, F.E., 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows, *Journal of Dairy Science*, 87, 3912–3924.
- Yuste, S., Amanzougarene, Z., de la Fuente, G., de Vega, A., Fondevila, M., 2019. Rumen protozoal dynamics during the transition from milk/grass to high-concentrate based diet in beef calves as affected by the addition of tannins or medium-chain fatty acids. *Anim. Feed Sci. Technol.* 257, 114273. <https://doi.org/10.1016/J.ANIFEEDSCI.2019.114273>

CAPÍTULO III

**Efeito da Inclusão do Subproduto de Processamento do Coco Sobre o Desempenho,
Características de Carcaça e Qualidade da Carne de Cordeiros**

Efeito da Inclusão do Subproduto de Processamento do Coco Sobre o Desempenho, Características de Carcaça e Qualidade da Carne de Cordeiros

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão do subproduto de processamento do coco (SC) sobre o desempenho, características da carcaça e da carne, e composição de ácidos graxos da carne de cordeiros em confinamento. Trinta e cinco cordeiros sem padrão racial definido, machos não castrados, com peso inicial médio de $16,9 \pm 2,93$ kg foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos com níveis de inclusão do SC (0; 4,8; 9,6; 14,4 e 19,2% na matéria seca (MS)). A inclusão do SC diminuiu linearmente ($P < 0,05$) o consumo de MS, proteína bruta e carboidratos não-fibrosos, mas incrementou ($P < 0,05$) de forma quadrática o consumo de extrato etéreo. A inclusão de 7,2% do SC melhorou a eficiência alimentar e não influenciou o ganho médio diário; entretanto, reduziu em 0,60 kg o peso de carcaça fria ($P < 0,05$). Ao mesmo nível de inclusão, diminuiu o peso da gordura renal, omento e mesentério, e aumentou a gordura subcutânea e a relação músculo/gordura ($P < 0,05$). A inclusão do SC diminuiu linearmente o teor de gordura intramuscular e de proteína da carne ($P < 0,05$), mas não influenciou ($P > 0,05$) a força de cisalhamento. Os ácidos graxos saturados da carne (AGS) diminuiram linearmente com a inclusão do SC nas dietas; entretanto, aumentou ($P < 0,05$) o teor total de ácidos graxos poliinsaturados, de 22:6n3, e tendeu em incremento quadrático para o 22:5n3 ($P = 0,0514$). Houve uma tendência para aumento da atividade da $\Delta 9$ -dessaturase ($P = 0,0615$), e o teor de 18:1c9,t11 não foi alterado ($P > 0,05$), entretanto o teor de 18:1t10 aumentou linearmente ($P < 0,05$). A inclusão de 7,2% do SC em dietas para cordeiros diminuiu os depósitos adiposos corporais sem influenciar o desempenho, e a maioria das características de carcaça e da carne. Ao mesmo nível de inclusão, diminuiu a quantidade de AGS e aumentou relativamente os PUFA-n3 da carne, no entanto, influencia a composição de ácidos graxos com aumento expressivo de AG-trans, especialmente o 18:1-t10.

Palavras-chave: Ácido láurico, Ácido linoléico conjugado, *Cocos nucifera* L., Depósitos adiposos, Trans10-shift

Effect of the Inclusion of the Coconut Processing By-Product on Lamb Performance, Carcass Characteristics and Meat Quality

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of inclusion of the coconut processing by-product (CB) on performance, carcass and meat characteristics, and fatty acid composition of feedlot lambs. Thirty-five lambs undefined breed, intact males, with an average initial weight of 16.9 ± 2.93 kg were distributed in a completely randomized design with five treatments with levels of inclusion of CB (0; 4.8; 9.6, 14.4 and 19.2% in dry matter (DM)). The inclusion of CB decreased linearly ($P < 0.05$) the DM intake, crude protein and non-fibrous carbohydrates, but the intake of ether extract increased ($P < 0.05$) in a quadratic. The inclusion of 7.2% of the CB improved the feed efficiency and did not affect the average daily gain, however it reduced the cold carcass weight by 0.60 kg ($P < 0.05$). At the same level of inclusion, the weight of renal fat, omentum and mesentery decreased, and the subcutaneous fat and the muscle/fat ratio increased ($P < 0.05$). The inclusion of SC linearly decreased the intramuscular fat and protein content of meat ($P < 0.05$), but did not affect ($P > 0.05$) the shear force. Saturated fatty acids of meat (SFA) decreased linearly with the inclusion of CB in the diets, however the total content of polyunsaturated fatty acids increased ($P < 0.05$), from 22:6n3, and tended with a quadratic effect for 22:5n3 ($P = 0.0514$). There was a tendency to increase the activity of $\Delta 9$ -desaturase ($P = 0.0615$), and the content of 18:1c9, t11 was not changed ($P > 0.05$), however, it increased linearly ($P < 0.05$) 18:1t10 content. The inclusion of 7.2% of CB in lamb diets reduces body fat deposits without affecting performance, and most carcass and meat characteristics. At the same level of inclusion, the amount of SFA decreases and the PUFA-n3 in the meat increases, however, it affects the fatty acids composition with a significant increase in AG-trans, especially 18:1-t10.

Key words: Adipose deposits, Conjugated linoleic acid, *Cocos nucifera* L., Lauric acid, Trans10-shift

INTRODUÇÃO

O aumento da demanda mundial por proteína animal e os elevados custos com milho e farelo de soja na ração animal, resultam na busca por substitutos para esses ingredientes tradicionais. O subproduto de processamento do coco (*Cocos nucifera* L.) (SC) é obtido através da raspagem da película do endosperma sólido do fruto seco (copra), e sua inclusão em dietas para cordeiros, surge como uma opção potencial por ser rico em proteína e apresentar um elevado teor de energia na forma de lipídios (Appaiah et al., 2014), além disso o seu uso pode reduzir o impacto ambiental, promovendo a sustentabilidade alimentar.

Os lipídios do SC estão na forma de triglicerídeos, e o ácido láurico (12:0) representa mais de 40% dos ácidos graxos totais (Appaiah et al., 2014). Além de contribuir com a demanda energética diária devido a sua rápida absorção intestinal e alta oxidação hepática (Marten et al., 2006), o 12:0 é reconhecido por diminuir a contagem de protozoários e aumentar as concentrações de propionato no rúmen (Hristov et al., 2009; Yuste et al., 2019). Quando isso ocorre, a insulina aumenta no plasma sanguíneo, e pode gerar uma resposta metabólica aumentando a atividade da enzima $\Delta 9$ -dessaturase, que por sua vez, atua dessaturando o ácido vacênico (18:1t11) advindo da dieta (Huntington, 1997; Mauvoisin e Mounier, 2011). Esse acontecimento pode aumentar a conversão do 18:1t11 em ácido linoléico conjugado (18:2c9,t11-CLA) no músculo, que reconhecidamente traz benefícios a saúde humana (Howes et al., 2015).

O aumento de propionato ocasionado pelo 12:0 pode diminuir o pH do rúmen, e assim, ocasionar em mudanças nas vias de biohidrogenação, com desvio da rota de formação de 18:1t11 para 18:1t10, conhecida por trans10-Shift. Essas mudanças ocorridas impactam diretamente nos AGs que são absorvidos no intestino e depositados na carne dos cordeiros, podendo trazer piora na composição lipídica da carne (Bessa et al., 2015). Apesar do conhecimento dos efeitos do 12:0 sobre a fermentação ruminal, não há relatos sobre as características da carcaça e carne, e o impacto sobre a composição de AG da carne de cordeiros alimentados com SC.

Diante do exposto, entende-se que há um nível de inclusão do SC em que o desempenho, as características da carcaça e da carne de cordeiros não são prejudicados, havendo uma melhora da composição lipídica da carne de cordeiros ocasionada por um aumento do CLA sem aumento expressivo do 18:1t10. Objetivou-se, portanto, avaliar o efeito

da inclusão do SC sobre o desempenho, características da carcaça e da carne, e composição de ácidos graxos da carne de cordeiros em confinamento.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e descrição

O estudo foi conduzido de acordo com os padrões éticos e aprovado pelo Comitê de Ética de Uso de Animais da Universidade Federal de Alagoas (Licença nº 01/2018). O experimento foi executado no galpão de confinamento de pequenos ruminantes da Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, localizado no município de Arapiraca, Alagoas, Brasil. O município de Arapiraca está situado sob as coordenadas geográficas 9°45'6"S, 36°39'37"W, com altitude de 280 metros, e de acordo com Koppen (Kottek et al. 2006), o clima é classificado como As caracterizado como tropical com estação seca. Durante a realização do experimento a temperatura ambiental média do galpão foi de 26 °C, e umidade relativa do ar de 75%.

Animais e dietas

Trinta e cinco cordeiros sem padrão racial definido, machos não castrados, com média de 4 meses de idade e peso inicial médio de 16,9±2,93 kg foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado. A área experimental destinada aos animais foi composta por baias individuais, com dimensões de 1,0 m x 1,6 m, com acesso a bebedouros e comedouros individuais, dispostas em galpão de confinamento coberto. Antes do início do período experimental, todos os animais foram identificados através de brincos e submetidos ao controle de ectoparasitos e endoparasitos (Cydectin®) e vacinados contra clostridioses (Poli-Star).

O período experimental teve duração de 86 dias, compreendendo 15 dias de adaptação às dietas e as instalações, e 71 dias do período experimental. As dietas experimentais foram constituídas por cinco níveis do SC (0; 4,8; 9,6; 14,4 e 19,2%) na matéria seca (MS), com 7 animais em cada nível. As dietas experimentais foram compostas por bagaço de cana-de-açúcar,

milho, farelo de soja e SC, e formuladas de forma a atender às exigências nutricionais de cordeiros pesando 22,5 kg de peso corporal, visando um ganho médio diário de 200 g, de acordo com as recomendações nutricionais do NRC (2007) e a composição química dos ingredientes (Tabela 1). A composição em ácidos graxos dos ingredientes e das dietas experimentais é apresentada na tabela 2.

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes e ácidos graxos das dietas para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Composição	Bagaço de cana-de-açúcar	Subproduto do coco	Milho	Farelo de soja
Matéria Seca ¹	688	942	886	887
Matéria orgânica ²	963	972	987	942
Matéria mineral ²	37	28	13	58
Proteína bruta ²	16	184	74	431
Extrato etéreo ²	8	394	58	40
Fibra em detergente neutro ^{2,3}	791	255	139	123
Cinzas insolúveis em detergente neutro ²	31	8	5	0
Proteína insolúvel em detergente neutro ²	11	17	11	22
Fibra em detergente ácido ^{2,3}	524	113	24	71
Cinzas insolúveis em detergente ácido ²	20	2	6	11
Proteína insolúvel em detergente ácido ²	10	4	1	4
Lignina ²	82	38	4	1
Carboidratos não-fibrosos ^{2,3}	148	140	717	348
Carboidratos totais ²	939	394	856	471
Ácido graxo ⁴				
Ácido caprótico (6:0)	0,00	61,86	0,44	0,00
Ácido caprílico (8:0)	0,00	21,57	0,23	0,00
Ácido cáprico (10:0)	0,00	19,31	0,44	0,00
Ácido láurico (12:0)	0,00	179,97	5,55	0,00
Ácido mirístico (14:0)	0,02	79,94	2,56	0,06
Ácido palmítico (16:0)	1,44	44,66	8,84	6,70
Ácido esteárico (18:0)	0,89	8,45	2,10	1,99
Ácido oléico (18:1c9)	1,82	38,15	19,81	6,96
Ácido vacênico (18:1c11)	0,16	0,63	0,46	0,61
Ácido linoléico (18:2n6)	1,61	16,47	29,06	21,47
Ácido araquídico (20:0)	0,11	0,24	0,19	0,10
Ácido linolênico (18:3n3)	0,26	0,37	0,69	2,51
Ácido behênico (22:0)	0,04	0,00	0,11	0,14
Ácido lignocérico (24:0)	0,10	0,25	0,23	0,09
Ácidos graxos saturados	2,60	416,27	20,69	9,09
MUFA ⁵	1,99	38,78	20,27	7,57
PUFA ⁶	1,88	16,84	29,76	23,99

¹g/kg de matéria natural; ²g/kg de matéria seca; ³Corrigido para cinzas e proteínas; ⁴mg/g de MS;

⁵Ácidos graxos monoinsaturados; ⁶Ácidos graxos poli-insaturados.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Ingredientes ²	Inclusão do subproduto do coco (%)				
	0	4,8	9,6	14,4	19,2
Bagaço de cana	333	333	333	333	333
Subproduto do coco	0	48	96	144	192
Milho	382	342	302	262	221
Farelo de soja	247	240	232	225	217
Calcário calcítico	3	3	3	3	3
Ureia	10	10	10	10	10
Sal comum	16	16	16	16	16
Sal mineral	10	10	10	10	10
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Composição química					
Matéria seca ¹	824	827	829	832	835
Matéria orgânica ²	941	940	940	940	939
Matéria mineral ²	59	60	60	60	61
Proteína bruta ²	167	169	172	174	177
Extrato etéreo ²	35	51	67	83	99
Fibra em detergente neutro ^{2,3}	347	353	358	364	369
Fibra em detergente ácido ^{2,3}	201	205	209	213	217
Lignina	29	31	32	34	36
Carboidratos não-fibrosos ^{2,3}	418	394	369	344	319
Carboidratos totais ²	765	746	727	708	689
Nutrientes digestíveis totais ²	715	743	732	725	729
Energia metabolizável ⁴	2,59	2,68	2,65	2,62	2,63
Ácido graxo ⁵					
Ácido capróico (6:0)	0,17	3,10	6,03	8,96	11,89
Ácido caprílico (8:0)	0,09	1,11	2,12	3,14	4,16
Ácido cáprico (10:0)	0,17	1,07	1,97	2,88	3,78
Ácido láurico (12:0)	2,12	10,47	18,82	27,17	35,53
Ácido mirístico (14:0)	1,00	4,71	8,41	12,12	15,82
Ácido palmítico (16:0)	5,51	7,24	8,96	10,68	12,40
Ácido esteárico (18:0)	1,59	1,89	2,20	2,50	2,80
Ácido oléico (18:1c9)	9,89	10,86	11,83	12,80	13,77
Ácido vacênico (18:1c11)	0,38	0,39	0,39	0,40	0,41
Ácido linoléico (18:2n6)	16,94	16,40	15,85	15,31	14,77
Ácido araquídico (20:0)	0,13	0,14	0,14	0,14	0,15
Ácido linolênico (18:3n3)	0,97	0,94	0,92	0,89	0,86
Ácido behênico (22:0)	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07
Ácido lignocérico (24:0)	0,14	0,14	0,15	0,15	0,15
Ácidos graxos saturados	11,01	29,94	48,88	67,81	86,75
MUFA ⁶	10,27	11,25	12,23	13,20	14,18
PUFA ⁷	17,91	17,34	16,77	16,20	15,63

¹g/kg de matéria natural; ²g/kg de matéria seca; ³Corrigido para cinzas e proteínas; ⁴Mcal/kg de MS; ⁵mg/g de MS; ⁶Ácidos graxos monoinsaturados; ⁷Ácidos graxos poli-insaturados; Equivalente proteico da ureia = 2820 g/kg de MS.

Manejo, amostragens e análises químicas

A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia, na proporção de 60% às 8 horas e 40% às 16 horas. Para estimar o consumo voluntário, as sobras foram recolhidas e pesadas diariamente. Em seguida, o consumo foi mensurado pela diferença entre a oferta de ração e sobra de cada animal. A quantidade fornecida foi ajustada a cada dois dias, baseada na ingestão voluntária do animal com estimativa de sobras de aproximadamente 12%.

Durante o período experimental foram coletadas amostras de ingredientes e sobras, e armazenadas a -18 °C para posteriores análises químicas. Ao final do experimento as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, e feita uma amostra composta de sobras por animal, foram pré-secas (55 °C por 72 h) em estufa de circulação de ar forçado e moídas em moinho de facas, com peneiras de porosidades de 1 mm e 2 mm.

As determinações de MS (método 934.01), matéria mineral (MM; método 942.05), proteína bruta (PB, método 954.01), extrato etéreo (EE; método 920.39) e lignina (método 973.18) foram realizadas de acordo com a AOAC (2019). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com Mertens (2002). A FDN e FDA foram corrigidas para isenção de cinzas e proteína, em que os resíduos da digestão em detergente neutro e em detergente ácido foram incinerados em mufla a 600°C por 2 horas, e a correção para proteína foi efetuada mediante proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) de acordo com Licitra et al. (1996).

Para estimativa dos carboidratos não fibrosos (CNF) da dieta e sobras, foi utilizada a equação preconizada por Hall (2000): $CNF (g/kg) = 1000 - [(PB - PB \text{ derivada da ureia} + ureia) + FDN_{cp} + EE + cinzas]$, e para estimativa dos carboidratos totais (CHT) foi utilizada a equação proposta por Sniffen et al. (1992): $CHT (g/kg) = 1000 - (PB + EE + MM)$.

Para as análises de parâmetros bioquímicos, amostras de sangue foram coletadas no 70º dia experimental, aproximadamente 4 horas após alimentação dos animais através de perfuração da veia jugular após desinfecção com álcool iodado. Coletou-se sangue de todos os animais em tubos à vácuo de 4 mL contendo fluoreto de sódio e outro tubo com ativador de coágulo, depois centrifugou-se numa centrífuga digital a 4 °C a 3000 rpm (1100G) durante 15 minutos. Após centrifugação, o sobrenadante foi separado em alíquotas de 2,0 mL e congeladas para posteriores análises através de kits comerciais da Bioclin® em espectrofotômetro (Thermo Scientific, Biomate 3S, E.U.A.) para análise de glicose, proteínas totais, ureia, colesterol, triglicerídeos, colesterol HDL, amilase, fósforo e ferro.

Para mensurar o ganho de peso total (GPT) e ganho médio diário (GMD) os animais foram pesados no início e no fim do período experimental, e a cada 15 dias para acompanhamento GMD. O GPT e GMD foram calculados através das seguintes equações: $GPT = \text{peso corporal final} - \text{peso corporal inicial}$; e $GMD = GPT / 71 \text{ dias}$. Para conversão alimentar (CA) foi considerado como o consumo de matéria seca (CMS) dividido pelo GMD, e para a eficiência alimentar foi considerado o GMD dividido pelo CMS.

Abate, características da carcaça e composição regional

Ao final do período experimental, os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas e casualizados em uma ordem para realização do abate. Imediatamente antes do abate, os animais foram pesados para obtenção do PC ao abate (PCA) e após a pesagem, os animais foram insensibilizados pelo método percussivo penetrativo com auxílio de pistola dardo cativo, suspensos pelos membros posteriores por cordas e sangrados por cisão das artérias carótidas e veias jugulares de acordo com as normas de abate humanitário do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2000). Após a sangria, foi realizada a esfolagem manual e evisceração.

Seguida da esfolagem e evisceração, foram retiradas a cabeça (secção na articulação atlanto-occipital), patas (secção nas articulações carpo e tarso-metatarsianas), cauda e aparelho reprodutor para a determinação do peso da carcaça quente (PCQ). Posteriormente, a vesícula biliar, bexiga e o TGI (rúmen, retículo, omaso, abomaso, intestinos delgado e grosso) foram pesados cheios e, em seguida, esvaziados, lavados e novamente pesados, para determinação do peso do corpo vazio (PCVZ), obtido pela soma dos pesos do TGI, vesícula biliar e bexiga, cabeça, carcaça, pele, cauda, aparelho reprodutor, patas e sangue subtraídos dos pesos dos conteúdos do trato gastrointestinal (CTGI), bexiga e vesícula biliar.

As carcaças quentes foram conduzidas à câmara fria com temperatura média de 4°C, onde permaneceram por 24 horas, suspensas em ganchos pelo tendão do músculo gastrocnêmio e, após este período de resfriamento, foram pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF). Para avaliação de pH e a temperatura da carcaça foram realizadas leituras imediatamente após o abate, 45 minutos e 24 horas *post mortem*, no músculo *Semibranosus*, com o auxílio de pHmetro e termômetro digitais (Testo, modelo 205, Alemanha). As perdas por resfriamento (PR), rendimento da carcaça quente (RCQ) e o rendimento da carcaça fria (RCF) foram determinados segundo Cezar & Souza (2007) pelas seguintes equações: $PR (\%) = PCQ -$

$(PCF/PCQ) \times 100$, $RCQ (\%) = (PCQ/PCA) \times 100$ e $RCF (\%) = (PCF/PCA) \times 100$, respectivamente.

A partir do estabelecimento das relações entre o peso da carcaça fria, comprimento interno da carcaça, largura da garupa e comprimento da perna, foram calculados os índices de compacidade da carcaça (ICC, g/cm = peso de carcaça fria/comprimento interno da carcaça) e o índice de compacidade da perna (ICP = largura da garupa/comprimento da perna), conforme descrito por Cezar e Sousa (2007). Além disso, foram determinadas, subjetivamente, a conformação da carcaça, atribuindo-se nota de 1 a 5 (ruim a excelente); acabamento da carcaça com nota de 1 a 5 (gordura ausente a excessiva) com escala de 0,25; e a quantidade de gordura pélvico-renal atribuindo nota de 1 a 3, onde 1 é classificada em pouca, 2 normal e 3 em muita gordura.

Cada carcaça foi dividida sagitalmente e a meia carcaça esquerda foi seccionada em seis regiões anatômicas que constituem os cortes cárneos, segundo metodologia adaptada de Cezar e Sousa (2007), os quais foram obtidos do seguinte modo: pescoço, que constitui a região compreendida entre a 1ª e 7ª vértebras cervicais; paleta, região obtida pela desarticulação da escápula, úmero, rádio, ulna e carpo; costilhar, que compreende a secção entre a 1ª e 13ª vértebra torácicas, que foi dividida ao meio com um corte transversal, subdividindo-a em costela superior e costela inferior, que incluiu o esterno; lombo, região entre a 1ª e 6ª vértebras lombares; perna, parte obtida pela secção entre a última vértebra lombar e a primeira sacra, sendo considerada a base óssea do tarso, tíbia, fêmur, ísquio, ílio, púbis, vértebras sacras e as duas primeiras vértebras coccídeas; e serrote, obtido pelo corte em linha reta, iniciando-se no flanco até a extremidade cranial do manúbrio do esterno.

A determinação da composição regional relativa da carcaça foi realizada através do cálculo relativo de cada corte pelo peso reconstituído da meia carcaça esquerda. O percentual do peso relativo de cada corte foi calculado pela seguinte fórmula: $\text{Corte (\%)} = (\text{peso do corte/peso da meia carcaça reconstituída}) \times 100$.

Para obtenção da área de olho de lombo (AOL) na meia carcaça esquerda, foi realizado um corte entre a 12ª e 13ª costelas para exposição do músculo *Longissimus lumborum*. A área foi tracejada, com marcador permanente de ponta média de 1,00 mm sobre uma película plástica transparente. Após, foi utilizado um papel com grade quadriculada, onde cada quadrado apresentava 0,25 cm², ao colocar a grade sobre a imagem da AOL a medida foi obtida pela adição de todos os quadrados encontrados dentro do perímetro de seguimento do olho de lombo

e daqueles que no contorno do traçado passou através do ponto central e os que não passaram foram desconsiderados.

A espessura de gordura subcutânea do lombo (EG) foi mensurada com auxílio de paquímetro no músculo *Longissimus lumborum*, obtida a $\frac{3}{4}$ de distância do lado medial do músculo, segundo metodologia descrita por Cezar e Sousa (2007).

A dissecação das pernas em músculos, ossos, gorduras e outros tecidos da carcaça, foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Brown & Williams (1979). A porcentagem de músculos, ossos, gorduras, outros tecidos e suas relações, foram obtidas com base no peso da perna reconstituída.

Após a separação dos tecidos o índice de musculosidade da perna (IMP) proposto por Purchas et al. (1991), foi calculado utilizando o peso dos cinco músculos que envolvem o fêmur (M. *Biceps femoris*, M. *Semimembranosus*, M. *Semitendinosus*, M. *Adductor femoris* e M. *Quadriceps femoris*), através da seguinte equação:

$$IMP = \sqrt{\frac{PM5}{CF}} \cdot CF$$

Em que:

IMP = índice de musculosidade da perna;

PM5 = peso dos 5 músculos que envolvem o fêmur (g), e;

CF = comprimento do fêmur (cm).

Análise química e instrumental da carne

Para análise química e instrumental da carne, foi utilizado o lombo esquerdo (*Longissimus lumborum*) de cada animal, os quais foram embalados a vácuo e congelados a -18°C , e posteriormente descongelados a 4°C . As amostras do músculo *Longissimus lumborum* esquerdo de cada animal foram liofilizadas para determinação de umidade (método 950.46), PB (método 984.13), EE (método 920.39) e cinzas (método 920.153) de acordo com a AOAC (2019). As determinações das perdas por cocção, força de cisalhamento e coloração foram realizadas de acordo com metodologia descrita por Wheeler et al. (1993).

Para avaliação das perdas por cocção, foram obtidos 2 bifes de aproximadamente 2,5 cm de espessura, sendo o corte realizado transversalmente ao sentido das fibras musculares do músculo *Longissimus lumborum*. Os bifes foram descongelados em geladeira por 24 horas,

pesados em balança de precisão de 3,2 kg (Shimadzu, modelo TX3202L, Japão), e colocadas em conjunto grelha e assadeira e, em seguida, assadas em forno elétrico pré-aquecido a 150 °C (FISCHER, modelo Star, Brasil), até que a temperatura interna das amostras atingissem o limite de 71 °C (monitoramento obtido por termopares do tipo K introduzidos no centro geométrico da amostra) sendo a leitura realizada com leitor digital (Tenmars, modelo TM-361, Taiwan), em seguida, o conjunto amostra, grelha e assadeira foram resfriados em temperatura ambiente até as amostras atingirem a temperatura interna de 24 a 25 °C utilizando um termômetro de inserção (Testo, modelo 106, Alemanha), e pesadas para obtenção da perda de peso expressa em porcentagem.

Para a análise de força de cisalhamento dos bifes utilizados para as perdas por cocção, foram retirados no mínimo quatro cilindros no sentido das fibras musculares, com um vazador de 1,27 cm de diâmetro. A força de cisalhamento foi medida através da máquina de cisalhamento Warner-Bratzler (G-R Manufacturing, Modelo 3000) com célula de carga de 25 kgf e velocidade de corte de 20 cm/min, sendo a força de cisalhamento expressa em kgf.

A avaliação da coloração foi realizada após padronização dos cortes em uma espessura de no mínimo 15 mm, seguida de exposição ao ar por 30 minutos. As leituras foram realizadas com auxílio de um colorímetro (Minolta, CR-400, Japão), onde foram realizadas três medições em diferentes pontos do músculo, utilizando-se os valores médios para representação da coloração.

Análise de ácidos graxos

O *longissimus lumborum* esquerdo, liofilizado de cada animal foi utilizado para a análise de ácidos graxos. Os ésteres metílicos de ácidos graxos dos lipídios dos alimentos e da carne foram preparados por uma etapa de extração usando HCl 1,25 N em metanol e 19:0 como padrão interno (Sukhija & Palmquist, 1988). O músculo liofilizado foi transesterificado em ésteres metílicos de ácidos graxos utilizando um básico combinado seguido de catálise ácida como descrito por Oliveira et al. (2016). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados por cromatografia gasosa acoplada à detecção de ionização por chama (GC-FID; Shimadzu GC-2010 Plus, Japão) usando uma coluna capilar 100% de cianopropil polisiloxano (SP 2560; 100 m, 0,25 mm i.d. e espessura de filme de 0,20 µm; Supelco Inc., Bellefonte, PA). A identificação dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi obtida pela comparação dos tempos de retenção com

os padrões autênticos (37 Component FAME Mix da Supelco Inc.) e com os cromatogramas publicados (Alves et al., 2013). Além disso, a identificação de ésteres metílicos de ácidos graxos, foi confirmada por cromatografia em fase gasosa - espectrometria de massa (GC-MS) usando um cromatógrafo GC-MS QP 2010 Plus (Shimadzu Corp.). As condições cromatográficas para GC-FID foram as seguintes: as temperaturas do injetor e do detector foram mantidas a 220 °C e 250 °C, respectivamente; a temperatura inicial do forno de 50° C foi mantida por 1 min, aumentada a 50° C / min para 150 °C e mantida por 20 min, aumentada a 1 °C/min a 190 °C e depois aumentada a 2° C / min a 220 °C e mantida por 30 min. O hélio foi usado como gás de arraste a uma vazão de 1 mL/min e foi injetado 1 µL de amostra e a razão de divisão foi de 50:1. A coluna capilar GC-MS e as condições do GC foram semelhantes à análise GC-FID; as condições de MS foram as seguintes: temperatura da fonte de íons a 200 °C; Temperatura de interface de 240 °C; Tensão de emissão de 70 eV.

Análise estatística

Para análise estatística, os dados foram submetidos a análise de regressão aplicando o procedimento para regressão (PROC REG) no SAS - *University Edition*. A equação de regressão obtida foi considerada significativa quando $P \leq 0,05$, sendo os modelos escolhidos baseados no comportamento biológico e nos valores dos coeficientes de determinação. Foi considerada uma tendência quando o valor de P esteve entre 0,05 e 0,10; e utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = valor observado para variável em estudo referente ao tratamento i na repetição j ;

μ = Média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

T_i = Efeito do tratamento i ;

E_{ij} = Erro aleatório.

RESULTADOS

Consumo, desempenho e parâmetros sanguíneos

A inclusão do SC reduziu linearmente o consumo de MS (CMS), o de matéria orgânica (CMO), proteína bruta (CPB), fibra em detergente neutro (CFDN), carboidratos não-fibrosos (CCNF), carboidratos totais (CCHT) e energia metabolizável (CEM), bem como o CMS quando expresso em g/kg de PC e g/kg de PC^{0,75} (P<0,05; Tabela 3). Houve incremento quadrático (P<0,05) para o consumo de EE (CEE), com valor máximo de 41,9 g/dia estimado para o nível de inclusão de 9,0% do SC.

Tabela 3 – Consumo de matéria seca e nutrientes por cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Consumo	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Matéria seca, g/dia	768,8	786,6	577,0	398,2	287,5	38,93	<0,0001 ¹	0,2109
Matéria seca, g/kg PC	34,8	32,5	25,7	20,1	16,1	1,36	<0,0001 ²	0,6798
Matéria seca, g/kg PC ^{0,75}	75,2	72,0	55,7	42,3	33,0	3,09	<0,0001 ³	0,4420
Matéria orgânica, g/dia	720,4	735,6	543,4	374,4	271,5	36,31	<0,0001 ⁴	0,2079
Proteína bruta, g/dia	139,5	146,5	106,7	73,4	54,7	7,14	<0,0001 ⁵	0,1946
Extrato etéreo, g/dia	28,5	43,5	41,1	34,6	29,7	1,69	0,5962	0,0012 ⁶
Fibra em detergente neutro, g/dia	231,4	234,5	187,7	136,5	100,1	10,81	<0,0001 ⁷	0,1251
Carboidratos não-fibrosos, g/dia	334,3	325,0	218,2	136,9	92,4	18,33	<0,0001 ⁸	0,5370
Carboidratos totais, g/dia	565,7	559,5	405,9	273,5	192,5	28,95	<0,0001 ⁹	0,3069
Nutrientes digestíveis totais, g/dia	560,5	586,0	438,6	308,6	227,4	27,89	<0,0001 ¹¹	0,1516
Energia metabolizável, Mcal/dia	2,0	2,1	1,5	1,0	0,8	0,10	<0,0001 ¹²	0,1432

¹Y = 833,8-28,354x (R² = 0,93); ²Y = 35,786-1,0462x (R² = 0,98); ³Y = 78,423-2,3913x (R² = 0,97); ⁴Y = 780,81-26,421x (R² = 0,93); ⁵Y = 152,73-5,0975x (R² = 0,91); ⁶Y = 30,533+2,4871x-0,1376x² (R² = 0,79); ⁷Y = -7,5689x + 250,16 (R² = 0,93); ⁸Y = 355,7-14,1x (R² = 0,95); ⁹Y = 605,86-21,669x (R² = 0,95); ¹⁰Y = 606,29-20,499x (R² = 0,91); ¹¹Y = 612,89-19,802x (R² = 0,92); ¹²Y = 2,192-0,0741x (R² = 0,91).

A inclusão do SC nas dietas ocasionou em incremento quadrático (P<0,05) para o GMD, e conseqüentemente, para o GPT com os respectivos valores máximos de 164,1 g/dia e 11,7 kg, estimados para o nível de inclusão de 3,6% (Tabela 4). Houve incremento quadrático (P<0,05)

para a eficiência alimentar (EA), com a estimativa de inclusão de 7,7% do SC nas dietas, resultando em EA máxima de 23,7%.

Tabela 4 – Desempenho de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Peso corporal inicial, kg	17,0	16,8	16,9	16,9	16,8	0,49	0,9389	0,9915
Peso corporal final, kg	27,6	29,3	27,7	22,7	20,0	0,92	0,0003	0,0551 ¹
Ganho médio diário, g/dia	149,9	175,8	151,7	81,3	45,3	11,06	<0,0001	0,0128 ²
Ganho de peso total, kg	10,6	12,5	10,8	5,8	3,2	0,78	<0,0001	0,0128 ³
Conversão alimentar, kg de MS kg ⁻¹ de PC	5,2	4,5	3,9	17,1	9,4	2,17	0,1763	0,9928
Eficiência alimentar, %	19,5	22,5	26,0	17,9	15,5	1,28	0,1717	0,0314 ⁴

¹Y = 28,106+0,2688x-0,0382x² (R² = 0,94); ²Y = 157,26+3,8175x-0,5348x² (R² = 0,93); ³Y = 11,166+0,2711x-0,038x² (R² = 0,93); ⁴Y = 19,572+1,0832x-0,0706x² (R² = 0,77).

A inclusão do SC não influenciou (P>0,05) os níveis séricos de triglicerídeos e colesterol HDL; entretanto, houve tendência (P=0,0946) para incremento quadrático do colesterol total (Tabela 5). Houve uma tendência (P=0,0953) para aumento linear de proteínas totais, e diminuição linear (P<0,05) da ureia com a inclusão do SC nas dietas.

Tabela 5 – Parâmetros sanguíneos de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Proteínas totais, g/dL	8,8	9,8	9,9	10,1	10,9	0,38	0,0953 ¹	0,9201
Ureia, mg/dL	61,4	62,6	57,2	33,6	32,5	4,04	0,0013 ²	0,4437
Glicose, mg/dL	67,0	67,1	63,4	68,2	69,1	2,10	0,7294	0,5770
Triglicerídeos, mg/dL	90,2	78,9	89,3	83,3	90,5	7,31	0,9243	0,7489
Colesterol, mg/dL	76,1	89,7	86,1	70,1	52,1	5,56	0,0856	0,0946 ³
HDL, mg/dL	14,6	14,3	19,8	17,2	13,0	2,37	0,9926	0,4412
Amilase, U/L	21,5	27,2	17,7	15,8	14,9	2,93	0,2429	0,8212
Fósforo, mg/dL	3,7	3,3	4,2	5,3	3,7	0,32	0,3647	0,4681
Ferro, µg/dL	260,0	246,9	221,3	231,9	207,1	8,08	0,0322 ⁴	0,8442

¹Y = 8,9802+0,0947x (R² = 0,89); ²Y = 66,834-1,8247x (R² = 0,82); ³Y = 77,535+3,1061x-0,2373x² (R² = 0,97); ⁴Y = 257,59-2,5362x (R² = 0,84).

Características de carcaça, composição tecidual da perna e depósitos adiposos corporais

A inclusão do SC promoveu incremento quadrático ($P<0,05$) para o PCA e para o PCVZ com o valor máximo de 27,38 kg e 22,34 kg, estimados para o nível de inclusão de 3,7% e 1,5% (Tabela 6), e conseqüentemente, para os pesos e rendimentos de carcaça quente e fria, e peso de todos os cortes cárneos (Tabela 8). A espessura de gordura subcutânea (mm), PR, acabamento e gordura perirrenal (1-3) da carcaça foram influenciadas de forma quadrática ($P<0,05$) pela inclusão do SC (Tabela 9). A AOL foi influenciada de forma quadrática ($P<0,05$), com valor máximo de 10,3 cm², estimado para o nível de 3,2% de inclusão do SC.

Tabela 6 – Pesos e rendimentos da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Peso corporal ao abate, kg	26,4	28,2	26,3	21,5	18,2	0,88	<0,0001	0,0222 ¹
Conteúdo do trato gastrointestinal, kg	4,6	5,2	6,1	5,4	5,5	0,19	0,1083	0,0767 ²
Peso corporal vazio, kg	21,8	22,9	20,2	16,1	12,7	0,83	<0,0001	0,0256 ³
Peso da carcaça quente, kg	12,3	12,8	11,3	8,6	6,5	0,51	<0,0001	0,0241 ⁴
Rendimento de carcaça quente, %	46,5	45,2	43,0	39,9	35,6	0,76	<0,0001	0,0253 ⁵
Peso da carcaça fria, kg	11,9	12,3	10,9	8,3	6,2	0,50	<0,0001	0,0241 ⁶
Rendimento de carcaça fria, %	45,0	43,5	41,6	38,6	33,9	0,77	<0,0001	0,0230 ⁷
Perdas por resfriamento, %	3,2	3,3	3,4	3,4	4,8	0,14	<0,0001	0,0032 ⁸
Espessura de gordura subcutânea, mm	1,7	2,0	2,0	0,4	0,0	0,17	<0,0001	0,0017 ⁹

¹Y = 26,823+0,303x-0,0412x²; (R² = 0,96); ²Y = -0,0085x²+0,2056x+4,5532 (R² = 0,81); ³Y = 22,27+0,0974x-0,0328x² (R² = 0,97); ⁴Y = 12,537+0,0538x-0,0202x² (R² = 0,98); ⁵Y = 46,504-0,1533x-0,0219x² (R² = 0,99); ⁶Y = 12,117+0,0539x-0,0198x² (R² = 0,98); ⁷Y = 44,917-0,1303x-0,0232x² (R² = 0,99); ⁸Y = 3,3074-0,0874x+0,0083x² (R² = 0,87); ⁹Y = 1,8002+0,0748x-0,0094x² (R² = 0,88).

A inclusão do SC diminuiu linearmente ($P<0,05$) o percentual de músculo e gordura total na perna, assim como, o peso de gordura subcutânea (g) e perirrenal (g) na perna, entretanto, aumentou linearmente ($P<0,05$) a relação músculo/gordura da perna dos animais (Tabela 9). Semelhantemente, houve diminuição linear ($P<0,05$) para gordura mesentérica e renal, e tendência ($P=0,0746$) para incremento quadrático na soma dos depósitos adiposos corporal (kg) com a inclusão do SC nas dietas (Tabela 10).

Tabela 7 – Índices da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
IC da carcaça, g/cm	205,4	206,9	184,4	149,8	113,5	7,62	<0,0001	0,0329 ¹
IC da perna, g/cm	673,0	689,7	674,2	634,4	603,3	10,91	0,0094 ²	0,1540
pH 0h	6,6	6,6	6,6	6,7	6,7	0,03	0,1552	0,4706
pH 45m	6,4	6,4	6,4	6,4	6,5	0,03	0,0967 ³	0,5379
pH 24h	5,5	5,6	5,4	5,5	5,6	0,02	0,6589	0,2884
Temperatura 0h, °C	37,5	37,5	37,4	36,7	36,7	0,18	0,0615 ⁴	0,7666
Temperatura 45m, °C	30,0	30,2	30,0	28,8	24,9	0,46	0,0001	0,0024 ⁵
Temperatura 24h, °C	10,1	9,6	9,7	10,5	9,7	0,30	0,9580	0,9995
Conformação, 1-5	2,6	2,4	2,1	1,6	1,0	0,13	<0,0001 ⁶	0,1410
Acabamento, 1-5	2,4	2,5	2,3	1,4	1,0	0,13	<0,0001	0,0106 ⁷
Gordura perirrenal, 1-3	2,3	2,3	2,1	1,9	1,3	0,09	<0,0001	0,0484 ⁸
Área de olho de lombo, cm ²	9,9	10,8	9,1	7,4	4,9	0,44	<0,0001	0,0042 ⁹

IC - Índice de compacidade

¹Y = 207,68+0,1914x-0,2754x² (R² = 0,99); ²Y = 693,83-4,0852x (R² = 0,76); ³Y = 6,3516+0,0071x (R² = 0,83); ⁴Y = 37,617-0,0486x (R² = 0,85); ⁵Y = 29,798+0,3034x-0,0287x² (R² = 0,97); ⁶Y = 2,738-0,0822x (R² = 0,94); ⁷Y = 2,4241+0,0334x-0,006x² (R² = 0,94); ⁸Y = 2,2898+0,0242x-0,0039x² (R² = 0,99); ⁹Y = 10,111+0,1333x-0,0218x² (R² = 0,98).

Tabela 8 – Peso e rendimento de cortes cárneos da carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Peso dos cortes cárneos, kg								
Pescoço	0,63	0,64	0,56	0,42	0,32	0,03	<0,0001	0,0881 ¹
Paleta	1,11	1,12	1,04	0,80	0,62	0,04	<0,0001	0,0156 ²
Costilhar	0,84	1,00	0,81	0,65	0,46	0,04	<0,0001	0,0202 ³
Serrote	0,58	0,60	0,53	0,38	0,26	0,03	<0,0001	0,0313 ⁴
Lombo	0,68	0,70	0,56	0,43	0,26	0,03	<0,0001	0,0293 ⁵
Perna	1,90	1,93	1,78	1,39	1,04	0,08	<0,0001	0,0200 ⁶
Rendimento dos cortes cárneos, %								
Pescoço	12,3	11,8	11,7	11,5	12,0	0,20	0,5477	0,2540
Paleta	21,8	21,1	22,0	22,1	23,4	0,21	0,0024	0,0366 ⁷
Costilhar	16,4	18,5	16,9	17,7	17,3	0,34	0,6588	0,3779
Serrote	11,1	11,0	11,1	10,2	9,8	0,20	0,0104 ⁸	0,2644
Lombo	13,2	13,1	11,9	11,7	9,8	0,28	<0,0001 ⁹	0,1286
Perna	37,3	36,1	37,8	38,1	39,5	0,27	0,0003	0,0556 ¹⁰

¹Y = 0,6441-0,0017x-0,0008x² (R² = 0,98); ²Y = 1,1196+0,0059x-0,0017x² (R² = 0,98); ³Y = 0,878+0,0156x-0,002x² (R² = 0,92); ⁴Y = 0,5859+0,0039x-0,0011x² (R² = 0,98); ⁵Y = 0,6935-0,0007x-0,0012x² (R² = 0,98); ⁶Y = 1,9189+0,0127x-0,0032x² (R² = 0,99); ⁷Y = 21,751-0,1086x+0,0103x² (R² = 0,89); ⁸Y = 11,389-0,0731x (R² = 0,78); ⁹Y = 13,605-0,1718x (R² = 0,89); ¹⁰Y = 37,044-0,0858x+0,0115x² (R² = 0,85).

Tabela 9 – Composição tecidual e índice de musculabilidade da perna de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Perna reconstituída, kg	1,9	1,9	1,7	1,3	1,0	0,07	<0,0001	0,0237 ¹
Músculo, %	69,5	68,4	69,5	69,2	66,2	0,42	0,0462 ²	0,1203
Músculos da perna								
Biceps femoris, g	182,7	177,8	159,5	121,6	77,6	8,57	<0,0001	0,0389 ³
Semitendinosus, g	76,1	73,3	62,3	48,2	29,9	3,53	<0,0001	0,0530 ⁴
Adductor, g	73,6	77,2	78,7	57,5	42,9	3,29	0,0002	0,0066 ⁵
Semimembranosus, g	173,2	179,1	162,1	123,9	83,6	7,68	<0,0001	0,0075 ⁶
Quadríceps femoris, g	262,1	263,7	248,1	194,3	151,4	9,86	<0,0001	0,0279 ⁷
Osso, %	16,5	16,2	17,4	20,4	24,3	0,63	<0,0001	0,0014 ⁸
Gordura total, %	11,0	11,1	8,7	7,0	5,6	0,47	<0,0001 ⁹	0,3883
Subcutânea, g	112,4	101,0	69,0	50,9	23,8	8,74	<0,0001 ¹⁰	0,7681
Intermuscular, g	62,9	85,8	57,2	33,7	22,4	4,76	<0,0001	0,0303 ¹¹
Perirrenal, g	34,3	27,3	25,9	12,2	11,4	2,97	0,0024 ¹²	0,9947
Relação GS/GI	1,8	1,2	1,4	1,5	1,9	0,16	0,5945	0,1764
Relação músculo/osso	4,2	4,3	4,0	3,5	2,8	0,12	<0,0001	0,0077 ¹³
Relação músculo/gordura	6,6	6,3	8,3	10,4	12,5	0,53	<0,0001 ¹⁴	0,1071
Índice de musculabilidade da perna	405,0	398,3	392,6	367,5	316,4	8,10	<0,0001	0,0424 ¹⁵

¹Y = 1,8799+0,0118x-0,0031x² (R² = 0,99); ²Y = 69,721-0,1225x (R² = 0,42); ³Y = 183,15+0,2743x-0,3078x² (R² = 0,99); ⁴Y = 76,62-0,4275x-0,1071x² (R² = 0,99); ⁵Y = 73,772+1,8326x-0,1854x² (R² = 0,95); ⁶Y = 175,08+1,8793x-0,3569x² (R² = 0,99); ⁷Y = 263,91+1,5097x-0,3993x² (R² = 0,98); ⁸Y = 16,489-0,2137x+0,033x² (R² = 0,99); ⁹Y = 11,659-0,3124x (R² = 0,94); ¹⁰Y = 116,88-4,7713x (R² = 0,98); ¹¹Y = 69,998+0,9977x-0,1991x² (R² = 0,82); ¹²Y = 34,432-1,2794x (R² = 0,92); ¹³Y = 4,2551+0,0233x-0,0053x² (R² = 0,99); ¹⁴Y = 5,6311+0,3352x (R² = 0,92); ¹⁵Y = 402,13+2,1208x-0,3404x² (R² = 0,98).

Características físico-químicas e perfil de ácidos graxos da carne

O teor de umidade da carne aumentou linearmente (P<0,05) com a inclusão do SC, por outro lado, os teores de gordura e proteína diminuíram linearmente (P<0,05) com a inclusão do SC nas dietas. Com exceção do aumento linear (P<0,05) no valor de L* da carne, nenhuma outra variável relacionada a qualidade instrumental da carne foi influenciada.

Tabela 10 – Peso e rendimento do fígado e depósitos adiposos de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Peso dos componentes não-carcaça, kg								
Fígado	0,42	0,47	0,43	0,33	0,28	0,02	0,0003	0,0419 ¹
Omento	0,32	0,38	0,27	0,15	0,05	0,02	<0,0001	0,0186 ²
Mesentério	0,24	0,21	0,16	0,11	0,11	0,01	0,0001 ³	0,5755
Renal	0,22	0,30	0,19	0,12	0,08	0,02	0,0001 ⁴	0,1213
Depósitos adiposos ^a	0,84	1,02	0,68	0,43	0,26	0,06	<0,0001	0,0746 ⁵
Rendimento dos componentes não-carcaça, %								
Fígado	1,93	2,04	2,12	2,05	2,20	0,05	0,1138	0,8476
Omento	1,44	1,62	1,31	0,92	0,35	0,10	<0,0001	0,0128 ⁶
Mesentério	1,05	0,94	0,78	0,68	0,83	0,06	0,1030	0,2364
Renal	0,97	1,32	0,90	0,73	0,62	0,08	0,0154 ⁷	0,2648
Depósitos adiposos ^a	3,77	4,45	3,34	2,58	1,96	0,22	0,0001 ⁸	0,1285

^aSoma do omento, mesentério, gordura renal e interna.

¹ $Y = 0,4362 + 0,0063x - 0,0008x^2$ ($R^2 = 0,93$); ² $Y = 0,3353 + 0,0042x - 0,0011x^2$ ($R^2 = 0,95$); ³ $Y = 0,2349 - 0,0074x$ ($R^2 = 0,95$); ⁴ $Y = 0,2713 - 0,0094x$ ($R^2 = 0,71$); ⁵ $Y = 0,9039 + 0,0002x - 0,0019x^2$ ($R^2 = 0,89$); ⁶ $Y = 1,4818 + 0,033x - 0,0049x^2$ ($R^2 = 0,99$); ⁷ $Y = 1,1617 - 0,0266x$ ($R^2 = 0,57$); ⁸ $Y = 4,3165 - 0,1152x$ ($R^2 = 0,79$).

Tabela 11 – Características físico-químicas da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Umidade, g/kg	748,4	750,0	753,3	765,5	772,2	2,22	<0,0001 ¹	0,1686
Proteína, g/kg	210,0	206,4	196,6	195,9	186,4	1,70	<0,0001 ²	0,7559
Gordura, g/kg	29,2	27,5	21,2	16,2	16,4	1,35	<0,0001 ³	0,5547
Cinzas, g/kg	10,5	10,5	10,7	10,5	10,7	0,06	0,3292	0,8204
Cor								
L*	33,3	34,8	35,2	33,3	38,9	0,70	0,0473 ⁴	0,2929
a*	11,9	10,9	11,9	12,2	11,4	0,30	0,8254	0,9289
b*	10,2	9,4	10,0	10,3	10,2	0,24	0,5973	0,5817
Perdas por cocção, %	33,8	31,2	33,4	33,8	33,2	0,50	0,6914	0,6280
Força de cisalhamento, N	13,1	14,1	13,9	13,7	13,6	0,35	0,7697	0,4466

¹ $Y = 745,25 + 1,3259x$ ($R^2 = 0,91$); ² $Y = 210,62 - 1,2116x$ ($R^2 = 0,95$); ³ $Y = 29,465 - 0,7731x$ ($R^2 = 0,92$); ⁴ $Y = 33,137 + 0,2052x$ ($R^2 = 0,45$).

A quantidade de AGs totais (AGT) na carne diminuiu linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão do SC (Tabela 12). Houve aumento linear ($P < 0,05$) do conteúdo de 12:0 e 14:0, e uma tendência ($P = 0,0762$) para diminuição linear do 18:0; entretanto, a inclusão do SC não influenciou ($P > 0,05$) o total de AG saturados (AGS) da carne (mg/g de AGT), e diminuiu linearmente os AGS da carne quando expressos em (mg/100g de carne).

A inclusão do SC aumentou linearmente ($P<0,05$) o total de AG-trans (mg/g de AGT e mg/100g de carne), o conteúdo de 18:1t10, e influenciou de forma quadrática o conteúdo de 18:1t11, com valor mínimo de 3,05 mg/g de AGT, estimado para o nível de inclusão de 9,8% do SC. A inclusão do SC aumentou a variabilidade do 18:1t10 dentro das dietas (Figura 1). No entanto, o índice de aterogenicidade e o conteúdo de 18:2c9,t11 (CLA) da carne não foi influenciado ($P<0,05$) pela inclusão do SC (Tabela 13).

Houve um aumento linear ($P<0,05$) do total PUFA e de PUFAn6 quando o SC foi incluído nas dietas. O total de PUFAn3 foi influenciado de forma quadrática, com valor máximo de 6,53 mg/g de AGT, estimado para o nível de inclusão de 1,9% do SC.

Tabela 12 – Perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Ácidos graxos totais	103,4	103,7	80,1	75,7	62,8	5,30	0,0021 ¹	0,9128
Perfil de ácidos graxos, mg/g de ácidos graxos totais								
Ácidos graxos saturados								
10:0	1,2	1,2	1,0	0,9	0,6	0,07	0,0018 ²	0,4551
12:0	0,7	1,5	3,1	6,0	7,5	0,67	<0,0001 ³	0,6494
14:0	17,4	27,7	35,8	51,8	47,3	3,47	0,0003 ⁴	0,3061
15:0	2,0	2,3	2,9	3,1	2,7	0,11	0,0058	0,0355 ⁵
16:0	226,4	238,9	222,1	219,0	192,6	4,70	0,0056	0,0795 ⁶
17:0	6,7	6,2	7,0	6,6	5,1	0,20	0,0568	0,0469 ⁷
18:0	159,4	151,5	131,4	149,4	141,7	3,00	0,0762 ⁸	0,1166
20:0	0,6	0,6	0,7	0,7	1,3	0,05	<0,0001	0,0051 ⁹
22:0	0,2	0,4	0,4	0,3	0,3	0,03	0,7018	0,1177
23:0	0,7	0,8	0,8	1,0	1,1	0,06	0,0107 ¹⁰	0,8575
Total	415,3	431,1	405,2	438,9	400,2	6,97	0,6325	0,3870
Ácidos graxos ramificados								
iso-14:0	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,03	0,0995 ¹¹	0,3785
iso-15:0	1,0	0,7	0,5	0,7	0,6	0,05	0,0309 ¹²	0,1027
anteiso-15:0	0,8	1,0	0,9	1,0	1,0	0,05	0,3519	0,6884
iso-16:0	1,4	1,0	0,6	0,8	0,9	0,08	0,0340	0,0203 ¹³
iso-17:0	3,2	2,6	2,2	2,5	2,9	0,11	0,3487	0,0036 ¹⁴
anteiso-17:0	3,6	2,9	2,4	2,5	2,3	0,15	0,0021 ¹⁵	0,1405
iso-18:0	1,2	0,7	0,5	0,6	0,3	0,09	0,0010 ¹⁶	0,2192
Total	11,5	9,2	7,3	8,2	8,0	0,43	0,0073	0,0307 ¹⁷
Ácidos graxos DMA								
16:0	13,2	14,4	17,9	19,7	36,3	2,21	0,0003	0,0634 ¹⁸
18:0	10,3	9,3	11,3	12,4	20,6	1,22	0,0037	0,0613 ¹⁹
18:1c9	2,0	2,3	2,5	2,3	3,9	0,23	0,0143 ²⁰	0,2122
Total	25,5	26,0	31,7	34,5	60,8	3,62	0,0009	0,0650 ²¹
MUFA-cis								
14:1c9	0,7	1,1	1,8	2,0	1,7	0,15	0,0044	0,0442 ²²

16:1c7	2,5	2,7	2,6	2,7	2,7	0,12	0,6683	0,8245
16:1c9	17,3	21,7	21,5	20,7	16,7	0,73	0,6315	0,0032 ²³
17:1c9	5,0	4,9	6,3	5,9	4,6	0,16	0,8783	0,0007 ²⁴
18:1c9	422,7	405,2	361,3	306,9	246,2	12,62	<0,0001 ²⁵	0,1093
18:1c11	11,1	12,0	15,2	16,1	17,3	0,57	<0,0001 ²⁶	0,5457
19:1c9	0,7	0,7	1,2	1,1	1,7	0,03	0,0784 ²⁷	0,5963
19:1c11	1,0	1,3	2,0	2,3	1,8	0,03	0,0011 ²⁸	0,3578
Total	462,2	451,1	413,6	359,1	293,7	12,29	<0,0001	0,0355 ²⁹
Intermediários da biohidrogenação								
18:1t6/t7/t8	1,7	1,8	1,7	1,7	1,6	0,05	0,6654	0,4331
18:1t9	1,6	1,6	1,3	1,2	1,2	0,06	0,0018 ³⁰	0,7257
18:1t10	2,1	2,9	13,5	23,3	25,8	2,20	<0,0001 ³¹	0,9870
18:1t11	4,0	3,3	3,2	3,1	4,1	0,19	0,9265	0,0288 ³²
18:1c14/t16	0,7	0,8	0,9	0,9	0,8	0,05	0,6574	0,2835
18:1c12	0,7	0,7	1,2	1,1	1,7	0,08	<0,0001 ³³	0,5874
18:1c13	1,0	1,3	2,0	2,3	1,8	0,14	0,0090	0,0460 ³⁴
18:1c15	0,2	0,3	0,5	0,3	0,4	0,03	0,1621	0,5403
18:1c16	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,02	0,9636	0,0332 ³⁵
18:2c9t11	2,6	2,0	2,5	1,8	2,1	0,11	0,1023	0,4112
18:2tc/ct	0,7	0,7	1,0	1,2	1,4	0,08	0,0005 ³⁶	0,9354
18:2tt	0,3	0,2	0,3	0,2	0,7	0,04	0,0092	0,0030 ³⁷
Total	18,4	18,0	30,8	39,2	44,4	2,39	<0,0001 ³⁸	0,7623
PUFA n6								
18:2n6	35,4	33,8	67,9	68,2	99,9	5,55	<0,0001 ³⁹	0,3765
18:3n6	0,5	0,6	0,8	0,9	0,9	0,05	0,0001 ⁴⁰	0,2118
20:2n6	0,2	0,2	0,3	0,3	0,6	0,04	0,0002	0,0929 ⁴¹
20:3n6	1,3	1,4	2,5	2,6	4,8	0,32	<0,0001 ⁴²	0,1279
20:4n6	18,1	16,6	25,4	29,8	57,4	4,04	0,0005	0,0663 ⁴³
22:4n6	1,4	1,1	1,7	1,9	3,3	0,25	0,0065 ⁴⁴	0,1173
22:5n6	0,4	0,4	0,5	0,4	0,9	0,08	0,0816 ⁴⁵	0,2132
Total	57,4	54,0	99,1	104,2	167,9	10,06	<0,0001 ⁴⁶	0,1709
PUFA n3								
18:2n3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,03	0,4185	0,0433 ⁴⁷
18:3n3	1,8	1,6	3,0	2,9	4,1	0,17	<0,0001 ⁴⁸	0,1979
20:5n3	1,4	1,4	2,3	2,9	4,9	0,29	<0,0001	0,0514 ⁴⁹
22:5n3	2,8	2,6	4,2	5,4	9,7	0,59	<0,0001	0,0196 ⁵⁰
22:6n3	0,7	0,8	1,1	1,2	2,0	0,11	<0,0001 ⁵¹	0,1897
Total	6,7	6,4	10,6	12,4	20,6	1,11	<0,0001	0,0233 ⁵²
20:3n9	5,2	5,2	4,3	5,9	8,1	0,49	0,0573	0,0796 ⁵³
Total PUFA ^a	69,5	65,9	114,2	122,8	196,8	11,44	<0,0001 ⁵⁴	0,1335
Ácidos graxos trans ^b	6,1	7,2	17,4	27,0	29,4	2,16	<0,0001 ⁵⁵	0,9697

^aTotal de PUFA n6, PUFA n3 e 20:3n9; ^bTotal de AG trans com exceção do 18:1t11.

¹Y = 106,98-2,2753x (R² = 0,92); ²Y = 1,2579-0,0288x (R² = 0,90); ³Y = 0,1242+0,3789x (R² = 0,97); ⁴Y = 19,233+1,7474x (R² = 0,89); ⁵Y = 1,9357+0,1462x-0,0052x² (R² = 0,89); ⁶Y = 228,14+1,9927x-0,1988x² (R² = 0,92); ⁷Y = 6,3891+0,133x-0,0098x² (R² = 0,66); ⁸Y = 154,21-0,783x (R² = 0,31); ⁹Y = 0,6369-0,0263x+0,0029x² (R² = 0,92); ¹⁰Y = 0,6773+0,0206x (R² = 0,98); ¹¹Y = 0,2691-0,0063x (R² = 0,63); ¹²Y = 0,8645-0,0184x (R² = 0,53); ¹³Y = 1,4-0,1149x+0,0046x² (R² = 0,87); ¹⁴Y = 3,204-0,1719x+0,0081x² (R² = 0,99); ¹⁵Y = 3,3653-0,0639x (R² = 0,82); ¹⁶Y = 1,0483-0,0407x (R² = 0,78); ¹⁷Y = 11,4-0,5718x+0,0212x² (R² = 0,93); ¹⁸Y = 14,14-0,6535x+0,0901x² (R² = 0,94); ¹⁹Y = 0,0535x² -

$0,5341x + 10,518$ ($R^2 = 0,95$); $^{20}Y = 0,0797x + 1,8387$ ($R^2 = 0,65$); $^{21}Y = 26,817 - 1,2414x + 0,1505x^2$ ($R^2 = 0,94$); $^{22}Y = 0,5704 + 0,1842x - 0,0065x^2$ ($R^2 = 0,95$); $^{23}Y = 17,49 + 1,0037x - 0,0547x^2$ ($R^2 = 0,97$); $^{24}Y = 4,6718 + 0,265x - 0,0135x^2$ ($R^2 = 0,65$); $^{25}Y = 438,71 - 9,4018x$ ($R^2 = 0,97$); $^{26}Y = 11,043 + 0,3433x$ ($R^2 = 0,95$); $^{27}Y = 0,5682 - 0,0075x$ ($R^2 = 0,73$); $^{28}Y = 0,4168 - 0,0121x$ ($R^2 = 0,89$); $^{29}Y = 463,84 - 1,4615x - 0,3896x^2$ ($R^2 = 1,0$); $^{30}Y = 1,6395 - 0,0275x$ ($R^2 = 0,85$); $^{31}Y = -0,0317 + 1,4127x$ ($R^2 = 0,94$); $^{32}Y = 4,0587 - 0,2063x + 0,0105x^2$ ($R^2 = 0,93$); $^{33}Y = 0,6054 + 0,0495x$ ($R^2 = 0,86$); $^{34}Y = 0,9027 + 0,1683x - 0,006x^2$ ($R^2 = 0,83$); $^{35}Y = 0,2057 + 0,0258x - 0,0013x^2$ ($R^2 = 0,77$); $^{36}Y = 0,64 + 0,0372x$ ($R^2 = 0,98$); $^{37}Y = 0,331 - 0,04x + 0,0029x^2$ ($R^2 = 0,77$); $^{38}Y = 15,487 + 1,5281x$ ($R^2 = 0,94$); $^{39}Y = 28,37 + 3,4049x$ ($R^2 = 0,89$); $^{40}Y = 0,4993 + 0,0245x$ ($R^2 = 0,91$); $^{41}Y = 0,1889 - 0,0079x + 0,0015x^2$ ($R^2 = 0,88$); $^{42}Y = 0,8561 + 0,1738x$ ($R^2 = 0,85$); $^{43}Y = 18,789 - 1,2856x + 0,1665x^2$ ($R^2 = 0,96$); $^{44}Y = 0,0094x^2 - 0,0853x + 1,4263$ ($R^2 = 0,94$); $^{45}Y = 0,4473 - 0,0298x + 0,0026x^2$ ($R^2 = 0,87$); $^{46}Y = 42,285 + 5,6494x$ ($R^2 = 0,87$); $^{47}Y = 0,3136 + 0,0202x - 0,0012x^2$ ($R^2 = 0,86$); $^{48}Y = 1,548 + 0,1196x$ ($R^2 = 0,85$); $^{49}Y = 1,3817 - 0,0383x + 0,0112x^2$ ($R^2 = 0,98$); $^{50}Y = 2,8748 - 0,1762x + 0,0272x^2$ ($R^2 = 0,98$); $^{51}Y = 0,5352 + 0,0636x$ ($R^2 = 0,90$); $^{52}Y = 6,6915 - 0,1702x + 0,0455x^2$ ($R^2 = 0,97$); $^{53}Y = 5,4672 - 0,2867x + 0,022x^2$ ($R^2 = 0,92$); $^{54}Y = 51,54 + 6,4878x$ ($R^2 = 0,86$); $^{55}Y = 4,1048 + 1,3856x$ ($R^2 = 0,94$).

Tabela 13 – Compostos e ácidos graxos da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Razões								
t10:t11	0,5	1,1	4,4	8,3	7,1	0,70	<0,0001 ¹	0,3705
SCDi-17 ^a	42,8	44,7	47,7	47,2	47,1	0,84	0,0615 ²	0,2652
n6:n3	8,8	8,6	9,6	8,8	7,8	0,30	0,3796	0,1726
IA ^b	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,02	0,3871	0,3252
Ácidos graxos, mg/100g de carne								
Total	2662,5	2665,2	2035,4	1820,2	1545,7	141,57	0,0011 ³	0,9649
Saturados	1108,0	1161,4	828,3	806,4	669,2	65,4	0,0058 ⁴	0,9468
PUFA-cis	1241,4	1199,3	851,4	667,5	500,6	74,5	<0,0001 ⁵	0,9603
trans	16,5	19,8	35,9	44,4	48,7	3,81	0,0004 ⁶	0,7601
n6	145,7	139,1	192,7	178,3	194,0	6,06	0,0008 ⁷	0,5460
n3	16,7	16,3	20,6	20,7	26,3	0,97	0,0002 ⁸	0,2777

^aÍndice de atividade de Estearoil-CoA (17:1-c9/(17:1-c9+17:0)*100; ^bÍndice de aterogenicidade.

¹Y = 0,2001+0,4248x ($R^2 = 0,86$); ²Y = 43,633+0,2341x ($R^2 = 0,72$); ³Y = 2761,5-64,137x ($R^2 = 0,93$);

⁴Y = 1161,2-25,68x ($R^2 = 0,85$); ⁵Y = 1294,7-41,947x ($R^2 = 0,96$); ⁶Y = 15,261+1,8516x ($R^2 = 0,95$);

⁷Y = 142,78+2,8309x ($R^2 = 0,68$); ⁸Y = 15,424+0,489x ($R^2 = 0,85$).

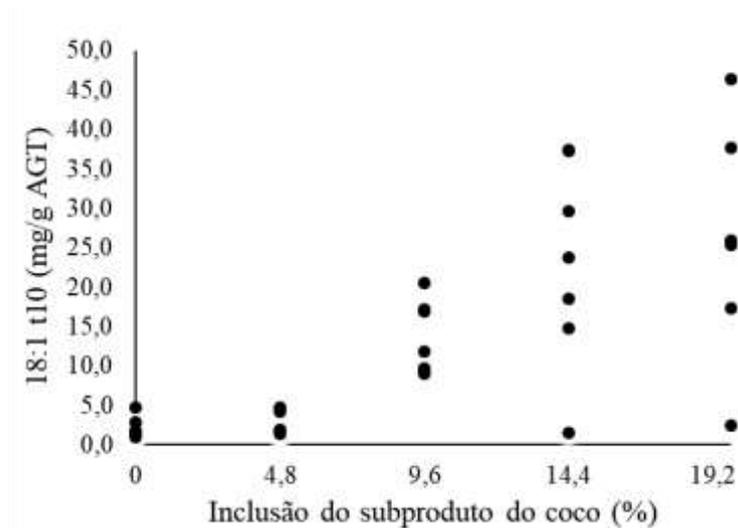


Figura 1 – Variação do 18:1t10 na carne de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco. AGT – Ácidos graxos totais

DISCUSSÃO

A inclusão do SC nas dietas diminuiu o CMS, entretanto, a estimativa de inclusão até 7,2% do SC não influenciou negativamente o GMD dos cordeiros. Assim, mesmo com a diminuição de 204,1 e 147,6 g/dia para o CMS e CNDT, respectivamente, estimada entre os cordeiros alimentados com 7,2% de SC e os alimentados com a dieta basal, os primeiros apresentaram incremento de 4,0% na EA, sendo mais eficientes ao converterem a dieta consumida em tecido corporal, e ainda assim, não apresentaram diferenças para as características de carcaça e para maioria das características de qualidade da carne.

A diminuição do CMS ocasionou ainda em diminuição do consumo dos demais nutrientes (PB, FDN, CNF e CHOT), com exceção do EE que apresentou incremento quadrático, pois houve aumento dessa fração com a inclusão do SC nas dietas. Apesar da melhor EA e aumento da densidade energética das dietas com a inclusão do SC, os cordeiros não alcançaram o ganho estimado de 200 g/dia, pois o consumo de energia ficou abaixo do preconizado do NRC (2007).

A diminuição do CMS e o aumento da EA dos cordeiros está relacionada às características das dietas com a inclusão do SC, pois, a inclusão do SC ocasionou em aumento dos níveis de EE e AGCM (10:0, 12:0 e 14:0) nas dietas. Por sua vez, o consumo de AGCM está relacionado a diminuição do CMS e a melhor EA devido a sua rápida absorção intestinal,

acesso hepático direto na forma de AG não esterificados (AGNE) e oxidação mitocondrial mais rápida, sendo utilizados como fontes de energia para órgãos extra-hepáticos no corpo (Dayrit, 2014). Assim, os AGCM contribuíram para as exigências energéticas diárias, e como ao nível de 7,2% de inclusão do SC houve atendimento das exigências de proteína e redução dos CNF na dieta, os AGCM foram responsáveis, em parte, pela demanda energética necessária ao desempenho dos animais. Essa maior contribuição fica evidente com o aumento do consumo de EE até 7,2% de inclusão do SC, além do aumento da digestibilidade do EE em cordeiros alimentados com níveis semelhantes de SC (Capítulo II, Tabela 4), e do aumento da camada mucosa do intestino delgado (Capítulo IV, Tabela 5) como estratégia para aumentar a área de contato com os nutrientes e favorecer a digestão e absorção (Yansari et al., 2004; Gabriel et al., 2008; Montanholi et al., 2013). O aumento do CEE também ocasionou em uma tendência para o aumento dos níveis séricos de colesterol em resposta a ingestão de maiores níveis de lipídios (Khotijah et al., 2015; Steppa et al., 2017), além disso, o 12:0 presente em maior proporção no SC é hipercolesterolêmico (FAO, 2010), e pode ter sido o principal responsável pelo aumento dos níveis de colesterol.

Níveis acima de 7,2% da inclusão do SC não atenderam às demandas de energia e de PB, e assim, houve deficiência no suprimento de energia e proteína no rúmen. Essa deficiência possivelmente desfavoreceu a capacidade de síntese de proteína microbiana, reduziu as concentrações séricas de ureia, e impactou negativamente a síntese e deposição de tecidos no corpo dos cordeiros, e, portanto, o desempenho, PCA, peso de carcaça e teor de proteína da carne, pois, a deficiência de aminoácidos no rúmen, impacta negativamente sobre o *pool* de proteína metabolizável, e limita o crescimento dos animais (Tedeschi et al., 2000).

Apesar da semelhança para o PCA quando estimado aos níveis de 0 e 7,2%, a tendência para incremento quadrático para o CTGI, ocasionou em diminuição do PCVZ em maiores níveis de inclusão de SC. Até o nível de inclusão de 1,48% do SC foi estimado um incremento no PCVZ que impactou positivamente no PCQ e PCF. Entretanto, além desse ponto, a diminuição do PCVZ influenciou negativamente o peso das carcaças, e conseqüentemente, o rendimento das mesmas, uma vez que o PCQ e PCF são influenciados negativamente com a diminuição do PCVZ (Abdullah e Qudsieh, 2008). Além disso, a redução quadrática observada para o RCF está associado à diminuição do peso, conformação, acabamento e gordura da carcaça nos níveis mais elevados de inclusão do SC.

Assim, da mesma forma que o menor consumo de energia nos níveis mais elevados de inclusão do SC impactou negativamente nas variáveis de peso de carcaça, houve uma escassa

deposição de gordura subcutânea (GS, mm). De acordo com Sousa et al. (2019), os tecidos adiposos apresentam desenvolvimento mais tardio na carcaça, sendo encontrada menores quantidades de gordura em carcaças mais leves, assim, o fato dos cordeiros alimentados com níveis elevados de SC gerarem carcaças leves explica a escassa GS (mm) na carcaça. Por outro lado, a estimativa de inclusão de 7,2% do SC não influenciou a espessura de GS (mm) na carcaça, e assim, não houve efeito para o escore de acabamento da carcaça e gordura perirrenal (1-3), e não influenciou as PR.

Além da escassez de GS, a diminuição do comprimento e peso das carcaças dos animais alimentados com níveis elevados de SC contribuíram para um rápido declínio da temperatura das carcaças, e assim, aumentaram as PR, uma vez que as perdas são maiores em carcaças mais leves e com distribuição de GS desuniforme ou ausente, pois a gordura protege a carcaça contra os efeitos da baixa temperatura (Muela et al., 2010; Silva et al., 2016). Apesar disso, o pH das carcaças não foi alterado com a inclusão do SC, isso possivelmente ocorreu porque todos os animais foram submetidos aos mesmos procedimentos pré-abate, garantindo semelhantes concentrações de glicogênio muscular. O valor médio para o pH após as 24 horas da entrada na câmara fria foi de 5,5, mantendo-se dentro dos valores para carcaças com a faixa de peso estudada (Santos et al., 2018; Yousefi et al., 2019; Guerreiro et al., 2020). Os cortes comerciais da carcaça apresentaram o mesmo incremento quadrático observado para o PCF. De acordo com Santos-Cruz et al. (2009), os cortes comerciais de cordeiros seguem o padrão de crescimento do PCF, com os membros apresentando um crescimento precoce.

A diminuição linear do percentual de músculo e gordura e aumento do percentual de ossos está relacionada a redução do desempenho dos cordeiros alimentados com níveis acima de 7,2% do SC. De acordo com Owens et al. (1993), o tecido adiposo apresenta onda de crescimento mais tardia, o tecido muscular intermediário e o ósseo mais precoce. Assim, os cordeiros que consumiram níveis mais elevado de SC possivelmente tinham atingindo o platô de deposição óssea, mas não o de tecido muscular e de adiposo, o que explica o aumento percentual do tecido ósseo na perna, e a diminuição dos percentuais de músculo e gordura. Devido à dinâmica de deposição tecidual, ocorreu redução quadrática para a relação músculo/osso e índice de musculosidade da perna, e aumento linear para relação músculo/gordura com a inclusão do SC.

Ao nível de 7,2% de inclusão do SC, foi estimada uma redução de 19,3% de gordura e de apenas 1,26% de músculo na perna em relação à dieta basal. Além disso, houve redução da gordura intramuscular (GIM) da carne e dos depósitos adiposos (omento, mesentério e renal),

chegando a uma redução de gordura total estimada em 10% em relação a dieta basal. Essa redução da gordura, possivelmente ocorreu pelo SC ser rico em AGCM, especialmente o 12:0, esses AG estão relacionados ao acesso hepático direto e oxidação mais rápida, como discutido acima. Durante a absorção dos AG nos enterócitos, os AG de cadeia longa são esterificados em triacilgliceróis, incorporados nos quilomícrons, e circulam pelo sistema linfático. Já os AGCM são transferidos diretamente para a veia porta como AGNE (Augustin et al., 2018), assim, principalmente o 12:0 atinge o fígado através do transporte hepático e linfático e é rapidamente metabolizado no fígado e usado como fonte de energia para órgãos extra-hepáticos, o que acarreta em menor acúmulo de gordura (Dayrit, 2014).

Essa diminuição dos depósitos adiposos internos é especialmente importante para cordeiros nativos de regiões semiáridas, pois estes acumulam maiores reservas energéticas na forma de gordura abdominal, o que representa desperdício dentro de sistemas de produção (Oliveira et al., 2018). O incremento quadrático do consumo de EE, e portanto, da oxidação dos AGCM e dos demais AG com a inclusão do SC promoveu ainda hipertrofia do fígado, e conseqüentemente, aumento da massa desse órgão, uma vez que ele possui sistemas enzimáticos ativos para a oxidação de AG e outras moléculas do metabolismo lipídico, sendo considerado órgão primário para a realização dos processos metabólicos desse nutriente (D'aquila et al., 2016; Pinto Filho et al., 2019).

A diminuição da GIM possivelmente está relacionada à diferença no metabolismo dos AGCM até níveis intermediários de inclusão do SC, uma vez que não houve diferença para o PCA até 7,2% do SC. Entretanto, em níveis mais elevados os animais encontravam-se em momento metabólico distinto, evidenciado pelo menor PCA, e tinham baixa deposição tecidual na composição corporal. Assim, ainda não haviam preenchido os adipócitos intramusculares e, portanto, tinham mais espaço para as fibras musculares (tecido rico em água), o que resultou ainda em aumento da umidade (Wood et al., 2008; Lage et al., 2014). Possivelmente, esse aumento influenciou a luminosidade da carne, pois, quanto maior a presença de água na carne ovina, maior é o reflexo da luz e o valor de L*.

A inclusão do SC não influenciou o teor de vermelho (a*) da carne, isso se deve ao fato dos animais serem abatidos na mesma faixa etária e terminados em confinamento, pois, essa variável é influenciada principalmente pela idade ou sistema de produção (Juárez et al., 2009; Lima Júnior et al., 2016). A ausência de efeito da inclusão do SC para os valores de pH na carcaça, influenciou a ausência de efeito para os parâmetros de perdas por cocção, pois, de acordo com Oliveira et al. (2012), valores semelhantes de pH implicam em valores de perdas

por cocção similares. Segundo Koohmaraie e Geesink (2006) uma maior quantidade de GIM implica na redução da quantidade de fibras musculares por área, favorecendo menores valores de força de cisalhamento, entretanto, apesar da redução de GIM com a inclusão do SC, a força de cisalhamento da carne não foi influenciada, e o valor médio (13,7 N) encontra-se abaixo dos relatados em outros estudos utilizando cordeiros consumindo dietas com alto teor de lipídios (Ekiz et al., 2012; Bagaldo et al., 2019; Chikwanha et al., 2019; Parente et al., 2020). A manutenção da força de cisalhamento com a redução da GIM pode ser explicada pelo menor PCF nos níveis mais elevados de inclusão do SC, pois, devido ao crescimento lento dos cordeiros nesses níveis, pode ter ocorrido menor deposição de ligações cruzadas de colágeno entre os filamentos da fibra muscular (Yousefi et al., 2019).

A composição de AG da carne é tão importante quanto a quantidade de GIM, pois está diretamente relacionada a fatores benéficos a saúde humana. De acordo com Howes et al. (2015), o valor nutricional da GIM pode ser melhorado com o fornecimento de dietas que favoreçam baixa deposição de AGS e maior deposição de AG saudáveis na carne, como PUFA, e alguns dos intermediários da BHR, como por exemplo o ácido vacênico (18:1t11) e o ácido rumênico (18:2c9,t11 - Ácido linoléico conjugado, CLA).

A inclusão do SC aumentou a quantidade de AGS nas dietas, notavelmente o 12:0 e 14:0, e a presença de 12:0 em dietas para ruminantes tem demonstrado mudanças na população de microrganismos no rúmen, diminuindo a BHR e conseqüentemente influenciando o tipo de AG que é depositado no tecido animal após a absorção intestinal (Hristov et al., 2009; Faciola e Broderick, 2014; Yuste et al., 2019). O aumento linear do 12:0 e 14:0 na carne se deve à maior disponibilidade desses AGs nas dietas com a inclusão do SC, e conseqüentemente disponibilização para o metabolismo, entretanto esse aumento não ocorreu nas mesmas proporções em que estavam disponíveis nas dietas. Apesar do 12:0 ter um aumento mais expressivo que o 14:0 nas dietas com a inclusão do SC, a deposição tecidual do 12:0 foi menos acentuada que a do 14:0. Parente et al. (2020) sugeriram que embora o 12:0 seja rapidamente utilizado como fonte de energia, quando uma grande quantidade de 12:0 é fornecida na dieta, o fígado pode exceder a capacidade de metabolizá-lo, e uma maior parte é intensamente alongada a 14:0 em vez de ser depositada no tecido.

O aumento desses AGs é indesejável na carne por serem considerados hipercolesterolêmicos (FAO, 2010), indo contra os anseios de um melhor perfil lipídico da carne de ruminantes. Apesar disso, quando avaliados em conjunto a inclusão do SC não influenciou o total de AGS (mg/g de AGT), diminuiu linearmente os AGS quando expresso em

mg/100g de carne, e não influenciou o índice de aterogenicidade (IA) da carne, e esse resultado vai ao encontro dos atuais anseios do perfil lipídico da carne, pois está fortemente relacionado com a diminuição dos riscos de doenças cardiovasculares em humanos (Howes et al., 2015; Kiani e Fallah, 2016).

As dietas apresentaram menor quantidade de 18:3n3 e maior de 18:2n6, sendo este o principal PUFA presente nas dietas passível de BHR. Outro ponto, é que a inclusão do SC diminuiu o total de PUFA disponíveis para BHR e aumentou o 12:0 nas dietas, reconhecido por trazer condições estressantes ao ambiente ruminal, como diminuição da contagem de protozoários e diminuição do pH (Faciola e Broderick, 2014; Yuste et al., 2019). Assim, o aumento linear dos IB e a tendência para diminuição linear do 18:0, indica que a inclusão do SC interferiu impedindo parcialmente a BHR, uma vez que 18:0 é o produto final desse processo (Yang et al., 2019). Observa-se também que houve aumento linear expressivo dos MUFA-trans, e o acúmulo destes resulta da inibição da última etapa reductiva das vias de BHR, sendo uma resposta adaptativa dos microrganismos ruminais para lidar com condições estressantes (Bessa et al., 2000; Glasser et al., 2008), como em dietas com níveis elevados de 12:0.

O aumento dos MUFA-trans é atribuído principalmente ao aumento linear do 18:1t10, pois foi o MUFA-trans que teve o aumento mais expressivo com a inclusão do SC. O aumento do 18:1t10 está relacionado as condições estressantes ao ambiente ruminal ocasionadas pelo 12:0 presente no SC (Parente et al., 2020), e ocorre por mudanças no padrão de BHR com a mudança de via do 18:1t11 para 18:1t10, conhecida por trans10-shift. No presente estudo, o expressivo aumento linear do 18:1t10 e a redução quadrática para o 18:1t11, indicam a ocorrência do trans10-shift. Os motivos para formação do trans10-shift não são bem entendidos, entretanto sua ocorrência foi relatada em dietas com níveis elevados de 12:0 (Parente et al., 2020), alto concentrado e baixo pH ruminal (Santos-Silva et al., 2019; Francisco et al., 2020). Além disso, a inclusão do SC aumentou o 12:0, e parece ter aumentado as condições estressantes do rúmen, resultando em uma grande variação individual do 18:1t10 dentro dos tratamentos avaliados, assim como foi relatado por Santos-Silva et al. (2019, 2020), Francisco et al. (2020) e Parente et al. (2020) ao avaliarem dietas que ocasionaram perturbações no rúmen.

A ocorrência do trans10-shift é indesejável, pois ele acumula-se nos tecidos e, portanto, diminui os substratos disponíveis para produção endógena de CLA, se tornando a maior restrição para o enriquecimento da carne com CLA (Bessa et al., 2015), além de estar relacionado a efeitos deletérios sobre a saúde em humanos (Chikwanha et al., 2017). Por sua

vez, o acúmulo de 18:1t11 é desejável pois cerca de 30% pode ser dessaturado no músculo de ruminantes e humanos através da enzima Δ^9 -dessaturase (ou Estearoil CoA dessaturase-SCD), maximizando a produção de CLA (Corl et al., 2001; 2002; Turpeinen et al., 2002; Gruffat et al., 2008).

Apesar da ocorrência do trans10-shift com a inclusão do SC, o teor de CLA da carne não foi influenciado. Provavelmente, ao nível de 7,2% de inclusão do SC, uma maior parte do 18:1t11 foi dessaturado e formou CLA no músculo, pois, a esse nível houve diminuição do 18:1t11 e uma tendência para aumento da atividade da SCD, coincidindo com o aumento de propionato observado ao mesmo nível em cordeiros alimentados com SC (Capítulo II, Tabela 5). A diminuição linear do iso-15:0 também indica que houve uma diminuição das bactérias celulolíticas no rúmen com a inclusão do SC, pois o iso-15:0 está associado a abundância dessas bactérias, que é a principal comunidade responsável pela síntese ruminal de 18:1t11 e CLA (Fievez et al., 2012; Santos-silva et al., 2020). Apesar dos efeitos deletérios do 12:0 sobre os microrganismos ruminais, o aumento do propionato no rúmen é visto de forma positiva por este ser gliconeogênico, aumentando a disponibilidade de glicose e, conseqüentemente, a insulina plasmática (Huntington, 1997, McDonald et al., 2002). O aumento desse hormônio está associado ao aumento da atividade da Estearoil CoA dessaturase (Mauvoisin e Mounier, 2011) e, apesar de nesse estudo não termos mensurado a insulina, sugere-se que a atividade da SCD foi regulada positivamente pelo aumento da insulina plasmática.

A menor deposição de GIM com a inclusão do SC proporcionou menor quantidade de AGT, e ocasionou em aumento linear do total de PUFA, n3 e n6 na carne. Isso ocorreu porque os PUFA são depositados preferencialmente em fosfolipídios de membrana no músculo ao invés de triglicerídeos nos adipócitos intramusculares (Wood et al., 2008), assim, como os animais alimentados com níveis mais elevados de SC não tinham preenchido os adipócitos intramusculares, apresentaram maiores quantidades de AG oriundos dos fosfolipídios de membrana.

O incremento quadrático observado para o ácido eicosapentaenóico (20:5n3) com a inclusão do SC possivelmente ocorreu pelo aumento do 18:2n6 e 18:3n3, pois esses ácidos atuam como precursores para a síntese do 20:5n3, na superfície do retículo endoplasmático liso, por meio do alongamento e posterior dessaturação de suas cadeias de carbono (Wood et al., 2008). O aumento do 20:5n3 e do ácido docosahexaenóico (22:6n3) na carne é um importante acontecimento, pois são benéficos à saúde humana, e apesar de humanos possuírem sistemas

enzimáticos capazes de dessaturar e alongar o 18:3n3 em PUFA_{n3}, a taxa de conversão é baixa, havendo a necessidade de suprir dieteticamente (Simopoulos 2002; Bessa et al., 2015).

Assim, apesar do aumento expressivo do 18:1t10 com a inclusão do SC, ao nível de 7,2%, o CLA não diminuiu e foi estimado um aumento de 17% dos PUFA_{n3} da carne. Além disso a inclusão de 7,2% do SC na dieta de cordeiros diminuiu os AGS (mg/100g de carne), e não influenciou o desempenho e características da carne.

CONCLUSÃO

A inclusão de 7,2% do SC em dietas para cordeiros diminuiu os depósitos adiposos corporais sem influenciar o desempenho, e a maioria das características de carcaça da carne. Ao mesmo nível de inclusão, diminuiu a quantidade de AGS e aumentou relativamente os PUFA_{n3} da carne, no entanto, influencia a composição de AG com aumento expressivo de AG-trans, especialmente o 18:1-trans10.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, A.Y., Qudsieh, R.I., 2008. Carcass characteristics of Awassi ram lambs slaughtered at different weights. *Livest. Sci.* 117, 165–175. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.12.020>
- Alves, S.P., Santos-Silva, J., Cabrita, A.R.J., Fonseca, A.J.M., Bessa, R.J.B., 2013. Detailed Dimethylacetal and Fatty Acid Composition of Rumen Content from Lambs Fed Lucerne or Concentrate Supplemented with Soybean Oil. *PLoS One* 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0058386>
- Appaiah, P., Sunil, L., Prasanth Kumar, P.K., Gopala Krishna, A.G., 2014. Composition of coconut testa, coconut kernel and its oil. *JAOCS, J. Am. Oil Chem. Soc.* 91, 917–924. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2447-9>
- AOAC, Association of official analytical chemists, 2019. *Official Methods of Analysis*, 21ed, AOAC, Gaithersburg, MD.
- Augustin, K., Khabbush, A., Williams, S., Eaton, S., Orford, M., Cross, J.H., Heales, S.J.R., Walker, M.C., Williams, R.S.B., 2018. Mechanisms of action for the medium-chain triglyceride ketogenic diet in neurological and metabolic disorders. *Lancet Neurol.* 17, 84–93. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(17\)30408-8](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(17)30408-8)
- Bagaldo, A.R., Miranda, G.S., Soares Júnior, M.S.F., de Araújo, F.L., Matoso, R.V.M., Chizzotti, M.L., Bezerra, L.R., Oliveira, R.L., 2019. Effect of Licuri cake supplementation on performance, digestibility, ingestive behavior, carcass traits and meat quality of grazing lambs. *Small Rumin. Res.* 177, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.05.020>
- Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J.M.R., Portugal, A. V., 2000. Reticulo-rumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livest. Prod. Sci.* 63, 201–211. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(99\)00117-7](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(99)00117-7)
- Bessa, R.J.B., Alves, S.P., Santos-Silva, J., 2015. Constraints and potentials for the nutritional modulation of the fatty acid composition of ruminant meat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 117, 1325–1344. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400468>
- Brown, A.J. e Williams, D.R. *Sheep carcass evaluation: measurement of composition using a standardized butchery method*. Langford: Agricultural Research Council; Meat Research Council, 1979. 16p. (Memorandum, 38).
- Cezar, M. F.; Sousa, W. H. 2007. *Carcasas ovinas e caprinas- Obtenção, avaliação e classificação*. Editora Agropecuária Tropical, Uberaba, MG.
- Chikwanha, O.C., Vahmani, P., Muchenje, V., Dugan, M.E.R., Mapiye, C., 2017. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing. *Food Res. Int.* 104, 25–38. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.05.005>
- Chikwanha, O.C., Muchenje, V., Nolte, J.E., Dugan, M.E.R., Mapiye, C., 2019. Grape pomace (*Vitis vinifera* L. cv. Pinotage) supplementation in lamb diets: Effects on growth performance, carcass and meat quality. *Meat Sci.* 147, 6–12. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.017>
- Corl, B.A., Baumgard, L.H., Dwyer, D.A., Griinari, J.M., Phillips, B.S., Bauman, D.E., 2001. The role of $\Delta 9$ -desaturase in the production of cis-9, trans-11 CLA. *J. Nutr. Biochem.* 12, 622–630. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(01\)00180-2](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(01)00180-2)
- Corl, B.A., Baumgard, L.H., Griinari, J.M., Delmonte, P., Morehouse, K.M., Yurawecz, M.P., Bauman, D.E., 2002. Trans-7,cis-9 CLA is synthesized endogenously by $\delta 9$ -desaturase in dairy cows. *Lipids* 37, 681–688. <https://doi.org/10.1007/s11745-002-0949-4>

- D'Aquila, T., Hung, Y.H., Carreiro, A., Buhman, K.K., 2016. Recent discoveries on absorption of dietary fat: Presence, synthesis, and metabolism of cytoplasmic lipid droplets within enterocytes. *Biochim. Biophys. Acta - Mol. Cell Biol. Lipids* 1861, 730–747. <https://doi.org/10.1016/j.bbalip.2016.04.012>
- Dayrit, F.M., 2014. The Properties of Lauric Acid and Their Significance in Coconut Oil. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 92, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2562-7>
- Ekiz, B., Ergul Ekiz, E., Kocak, O., Yalcintan, H., Yilmaz, A., 2012. Effect of pre-slaughter management regarding transportation and time in lairage on certain stress parameters, carcass and meat quality characteristics in Kivircik lambs. *Meat Sci.* 90, 967–976. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.11.042>
- Faciola, A.P., Broderick, G.A., 2014. Effects of feeding lauric acid or coconut oil on ruminal protozoa numbers, fermentation pattern, digestion, omasal nutrient flow, and milk production in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 97, 5088–5100. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-7653>
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. Summary of conclusions and dietary recommendations on total fat and fatty acids. *Fats and fatty acids in human nutrition: Report of an expert consultation* (pp. 9–19). Food and nutrition paper, 91. Rome, Italy: FAO.
- Fievez, V., Colman, E., Castro-Montoya, J.M., Stefanov, I., Vlaeminck, B., 2012. Milk odd- and branched-chain fatty acids as biomarkers of rumen function-An update. *Anim. Feed Sci. Technol.* 172, 51–65. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.12.008>
- Francisco, A.E., Janíček, M., Dentinho, T., Portugal, A.P.V., Almeida, J.M., Alves, S.P., Fialho, L., Jerónimo, E., Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J., 2020. Effects of alfalfa particle size and starch content in diets on feeding behaviour, intake, rumen parameters, animal performance and meat quality of growing lambs. *Meat Sci.* 161. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107964>
- Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Travel, A., Lalles, J.P., 2008. Effects of whole wheat feeding on the development of the digestive tract of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 142, 144–162. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.036>
- Glasser, F., Schmidely, P., Sauvant, D., Doreau, M., 2008. Digestion of fatty acids in ruminants: A meta-analysis of flows and variation factors: 2. C18 fatty acids. *Animal* 2, 691–704. <https://doi.org/10.1017/S1751731108002036>
- Gruffat, D., Rémond, C., Durand, D., Loreau, O., Bauchart, D., 2008. 9cis,11trans conjugated linoleic acid (CLA) is synthesised and desaturated into conjugated 18:3 in bovine adipose tissues. *Animal* 2, 645–652. <https://doi.org/10.1017/S175173110700153X>
- Guerreiro, 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 Sci.* 160, 107945. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107945>
- Hall, M.B., 2000. Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen.
- Hristov, A.N., Vander Pol, M., Agle, M., Zaman, S., Schneider, C., Ndegwa, P., Vaddella, V.K., Johnson, K., Shingfield, K.J., Karnati, S.K.R., 2009. Effect of lauric acid and coconut oil on ruminal fermentation, digestion, ammonia losses from manure, and milk fatty acid composition in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 92, 5561–5582. <https://doi.org/10.3168/JDS.2009-2383>
- Howes, N.L., Bekhit, A.E.D.A., Burritt, D.J., Campbell, A.W., 2015. Opportunities and Implications of Pasture-Based Lamb Fattening to Enhance the Long-Chain Fatty Acid Composition in Meat. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 14, 22–36. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12118>

- Huntington, G.B., 1997. Starch Utilization by Ruminants: From Basics to the Bunk. *J. Anim. Sci.* 75, 852–867. <https://doi.org/10.2527/1997.753852x>
- Juárez, M., Horcada, A., Alcalde, M.J., Valera, M., Polvillo, O., Molina, A., 2009. Meat and fat quality of unweaned lambs as affected by slaughter weight and breed. *Meat Sci.* 83, 308–313. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.05.017>
- Khotijah, L.; Wiryawan, K.G.; Setiadi, M.A. e Astuti, D.A., 2015. Reproductive Performance, Cholesterol and Progesterone Status of Garut Ewes Fed Ration Containing Different Levels of Sun Flower Oil. *Pakist. J. of Nutrit.* 14, 388-391. <https://doi.org/10.3923/PJN.2015.388.391>
- Kiani, A., Fallah, R., 2016. Effects of live weight at slaughter on fatty acid composition of Longissimus dorsi and Biceps femoris muscles of indigenous Lori goat. *Trop. Anim. Health Prod.* 48, 67–73. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0922-4>
- Koohmaraie, M., Geesink, G.H., 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Sci.* 74, 34–43. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.025>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Zeitschrift* 15, 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Lage, J.F., Berchielli, T.T., San Vito, E., Silva, R.A., Ribeiro, A.F., Reis, R.A., Dallantonia, E.E., Simonetti, L.R., Delevatti, L.M., Machado, M., 2014. Fatty acid profile, carcass and meat quality traits of young Nellore bulls fed crude glycerin replacing energy sources in the concentrate. *Meat Sci.* 96, 1158–1164. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.027>
- Lima Júnior, D., Carvalho, F.F.R., Silva, F.J.S., Rangel, A., Novaes, L., Difante, G., 2016. Intrinsic factors affecting sheep meat quality: a review. *Rev. Colomb. Ciencias Pecu.* 29, 3–15. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v29n1a01>
- Mauvoisin, D., Mounier, C., 2011. Hormonal and nutritional regulation of SCD1 gene expression. *Biochimie* 93, 78–86. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2010.08.001>
- Marten, B., Pfeuffer, M., Schrezenmeir, J., 2006. Medium-chain triglycerides. *Int. Dairy J.* 16, 1374–1382. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2006.06.015>
- Ministério da Agricultura (MAPA), Brasil. Instrução Normativa nº 3, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. S. D. A. /M. A. A. Diário Oficial da União, Brasília, 24 jan. 2000, Seção 1, p.14-16.
- McDonald et al., 2002 P. McDonald, R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh, C.A. Morgan Animal Nutrition Pearson Education Limited, Essex, England.
- Montanholi, Y., Fontoura, A., Swanson, K., Coomber, B., Yamashiro, S., Miller, S., 2013. Small intestine histomorphometry of beef cattle with divergent feed efficiency. *Acta Vet. Scand.* 55, 9. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-9>
- Muela, E., Sañudo, C., Campo, M.M., Medel, I., Beltrán, J.A., 2010. Effects of cooling temperature and hot carcass weight on the quality of lamb. *Meat Sci.* 84, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.020>
- National Research Council, NRC. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: National Academic Press, 2007. 362p.
- Oliveira, J.P.F., De Andrade Ferreira, M., Alves, A.M.S.V., De Melo, A.C.C., De Andrade, I.B., Urbano, S.A., Suassuna, J.M.A., De Barros, L.J.A., De Barros Melo, T.T., 2018. Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 31, 529–536. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0375>

- Oliveira, M.A., Alves, S.P., Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., 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. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.01.006>
- Owens, F.N., Dubeski, P., Hanson, C.F., 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 71, 3138–3150. <https://doi.org/10.2527/1993.71113138x>
- Parente, M. De O.M., Rocha, K.S., Bessa, R.J.B., Parente, H.N., Zanine, A. De M., Machado, N.A.F., Lourenço Júnior, J. De B., Bezerra, L.R., Landim, A.V., Alves, S.P., 2020. Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. *Meat Sci.* 160, 107971. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107971>
- Pinto Filho, J.S., Cunha, M. V., Souza, E.J.O., Santos, M.V.F., Lira, M.A., Moura, J.G., Rodrigues, J.M.C.S., Silva, C.S., 2019. Performance, carcass features, and non-carcass components of sheep grazed on Caatinga rangeland managed with different forage allowances. *Small Rumin. Res.* 174, 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.03.010>
- Purchas, R.W., Davies, A.S., Abdullah, A.Y., 1991. An objective measure of muscularity: Changes with animal growth and differences between Genetic lines of southdown sheep. *Meat Sci.* 30, 81–94. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(91\)90037-Q](https://doi.org/10.1016/0309-1740(91)90037-Q)
- Santos, A., Giráldez, F.J., Mateo, J., Frutos, J., Andrés, S., 2018. Programming Merino lambs by early feed restriction reduces growth rates and increases fat accretion during the fattening period with no effect on meat quality traits. *Meat Sci.* 135, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.08.007>
- Santos-cruz, C.L., Ramon, J., Pérez, O., Muniz, J.A., Albert, C., Romano, T., Vasconcelos, D., 2009. Revista Brasileira de Zootecnia Desenvolvimento dos componentes do peso vivo de cordeiros Santa Inês e Bergamácia abatidos em diferentes pesos 1 Development of live weight components from Santa Inês and Bergamácia lambs slaughtered at different weights. *Rev. Bras. Zootec.* 3598. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000500020>.
- Santos-Silva, J., Francisco, A., Alves, S.P., Dentinho, T., Almeida, J., Soldado, D., Jerónimo, E., Bessa, R.J.B., 2019. Effect of dietary neutral detergent fibre source on lambs growth, meat quality and biohydrogenation intermediates. *Meat Sci.* 147, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.015>
- Santos-Silva, J., Alves, S.P., Francisco, A., Portugal, A.P., Almeida, J., Fialho, L., Jerónimo, E., Bessa, R.J.B., 2020. Effects of a high-fibre and low-starch diet in growth performance, carcass and meat quality of young Alentejana breed bulls. *Meat Sci.* 168, 108191. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108191>
- Silva, T.M., de Medeiros, A.N., Oliveira, R.L., Gonzaga Neto, S., Queiroga, R. de C.R. d. E., Ribeiro, R.D.X., Leão, A.G., Bezerra, L.R., 2016. Carcass traits and meat quality of crossbred boer goats fed peanut cake as a substitute for soybean meal. *J. Anim. Sci.* 94, 2992–3002. <https://doi.org/10.2527/jas.2016-0344>
- Simopoulos, A.P., 2002. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases. *J. Am. Coll. Nutr.* 21, 495–505. <https://doi.org/10.1080/07315724.2002.10719248>
- Sniffen, C.J., O'Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russell, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>
- Sousa, M.A.P., Lima, A.C.S., Araújo, J.C., Guimarães, C.M.C., Joele, M.R.S.P., Borges, I., Daher, L.C.C., Silva, A.G.M. e., 2019. Tissue composition and allometric growth of carcass of lambs Santa Inês and crossbreed with breed Dorper. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 1903–1908. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01886-2>

- Steppa, R., Cieślak, A., Szumacher-Strabel, M., Bielińska-Nowak, S., Bryszak, M., Stanisław, M., Szkudelska, K., 2017. Blood serum metabolic profile and fatty acid composition in sheep fed concentrates with *Camelina sativa* cake and distillers dried grains with solubles. *Small Rumin. Res.* 156, 20–26. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.08.010>
- Sukhija, P.S., Palmquist, D.L., 1988. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. *J. Agric. Food Chem.* 36, 1202–1206. <https://doi.org/10.1021/jf00084a019>
- Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Russell, J.B., 2000. Accounting for the effects of a ruminal nitrogen deficiency within the structure of the Cornell net carbohydrate and protein system. *J. Anim. Sci.* 78, 1648–1658. <https://doi.org/10.2527/2000.7861648x>
- Turpeinen, A.M., Mutanen, M., Aro, A., Salminen, I., Basu, S., Palmquist, D.L., Griinari, J.M., 2002. Bioconversion of vaccenic acid to conjugated linoleic acid in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 76, 504–510. <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.3.504>
- Wheeler, T.T.; Cundiff, L.V.; Koch, R.M. 1993. Effects of marbling degree on palatability and caloric content of beef. *Beef Research – Progress Report* 71:133-137.
- Witte, V. C., Krause, G. F., Bailey, M. E., 1970. A new extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *Journal of food Science*, 35, 582–585. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1970.tb04815.x>
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78, 343–358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- Yang, C., McKain, N., McCartney, C.A., Wallace, R.J., 2019. Consequences of inhibiting methanogenesis on the biohydrogenation of fatty acids in bovine ruminal digesta. *Anim. Feed Sci. Technol.* 254, 114189. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.05.012>
- Yansari, A.T., Valizadeh, R., Naserian, A., Christensen, D.A., Yu, P., Eftekhari Shahroodi, F., 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 3912–3924. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73530-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73530-4)
- Yousefi, A.R., Sadeghipanah, A., Kohram, H., Zare Shahneh, A., Dadashpour Davachi, N., Aghashahi, A., Ponnampalam, E.N., 2019. Determination of optimum carcass weight for meat quality and fatty acid composition in fat-tailed male and female Chall lambs. *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 545–553. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1723-3>

CAPÍTULO IV

**Cordeiros Alimentados com Dietas Contendo Subproduto de Processamento do Coco:
Histomorfometria de Rúmen e Intestino**

Cordeiros Alimentados com Dietas Contendo Subproduto de Processamento do Coco: Histomorfometria de Rúmen e Intestino

RESUMO

Objetivou-se com esse estudo avaliar as características histológicas do rúmen, intestino, rins e fígado de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto de processamento do coco (SC). Trinta e cinco cordeiros machos não castrados, sem padrão racial definido, com peso inicial de $16,9 \pm 2,93$ kg foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos com níveis de inclusão de SC (0; 4,8; 9,6; 14,4 e 19,2% na matéria seca total). A inclusão do SC diminuiu linearmente o consumo de matéria seca e causou redução quadrática para a altura de papila ruminal, área de absorção e espessura de epitélio, assim como também, para ganho de peso médio diário, com o máximo de ganho no nível de 3,6%, e mesmo ganho da dieta basal no nível de 7,2% de inclusão. A inclusão do SC induziu crescimento linear da camada mucosa e reduziu linearmente a camada submucosa, assim como, uma diminuição das células caliciformes no intestino delgado. A inclusão do SC não influenciou o glicogênio hepático, e o exame histopatológico não revelou lesões hepáticas ou congestão, vacuolização e necrose do tecido renal. Portanto, nossos resultados indicam que o SC pode ser incluído em dietas para cordeiros até o nível de 7,2% sem causar alterações nas características histomorfométricas do trato gastrointestinal e alterações no tecido hepático e renal que comprometam o desempenho animal.

Palavras-chave: Ácidos graxos, Alimento alternativo, *Cocos nucifera* L., Oleaginosas, Papila ruminal, Saúde intestinal

Lambs Fed with Diets Containing Coconut By-Products Processing: Rumen and Intestine Histomorfometry

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the histological characteristics of the rumen, intestine, kidneys, and liver of lambs fed diets containing coconut processing by-products (CB). Thirty-five intact male lambs, undefined breed, with an initial weight of 16.9 ± 2.93 kg were distributed in a completely randomized design with five treatments with levels of CB inclusion (0; 4.8; 9.6; 14.4 and 19.2% in total dry matter). The inclusion of CB linearly decreased the dry matter intake, it caused a quadratic effect for the height of ruminal papillae, absorption area, epithelium thickness, as well as for average daily weight gain, with the maximum gain in the level of 3.6%, and even gain from the basal diet at the 7.2% inclusion level. The inclusion of CB induced linear growth of the mucous layer and linearly reduced the submucosal layer, as well as a decrease in goblet cells in the small intestine. The inclusion of CB did not influence hepatic glycogen, and histopathological examination did not reveal liver damage or congestion, vacuolization and necrosis of the renal tissue. Therefore, our results indicate that CB can be included in lambs' diets up to the level of 7.2% without causing changes in the histomorphometric characteristics of the gastrointestinal tract and changes in liver and kidney tissue that compromise animal performance.

Keywords: Alternative food, *Cocos nucifera* L., Fatty acids, Intestinal health, Oilseeds, Ruminal papillae

INTRODUÇÃO

O uso de subprodutos agroindustriais gerados através do processamento de frutas em regiões tropicais é uma estratégia para tornar a produção animal mais eficiente e minimizar custos associados à alimentação. O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma planta difundida em todo o mundo, entretanto, sua exploração comercial está predominantemente presente entre os trópicos (Foale e Harries, 2011; Nayar, 2017). O processamento do seu fruto seco (copra) gera uma grande quantidade de resíduos, como o subproduto de processamento do coco (SC), que é obtido através da raspagem da película do endosperma sólido.

A inclusão do SC pode ser uma estratégia a ser utilizada para suprir a alta exigência energética de cordeiros em crescimento e melhorar o desempenho animal através do fornecimento de energia na forma de lipídios, além de diminuir os custos com alimentação (NRC, 2007; Toral et al., 2009). Por ser bastante energético, a inclusão do SC na dieta de cordeiros está limitada pelo teor de lipídios na dieta. O aumento do teor de lipídios pode ocasionar mudanças na fermentação ruminal, proporcionar modificações morfológicas na mucosa ruminal e influenciar o desempenho animal (Barboza et al., 2019; Gallo et al., 2019).

Estudos experimentais em ratos demonstram associação entre o aumento da ingestão de lipídios e lesões renais (Declèves et al., 2014; Jang et al., 2020). No fígado, o aumento de lipídios na dieta está associado a um aumento da massa hepática em ruminantes (Medeiros et al., 2008; Moreno et al., 2011) uma vez que esse órgão realiza o metabolismo desse nutriente, todavia não há relatos sobre a caracterização histopatológica desses órgãos em cordeiros alimentados com SC.

Sendo assim, nossa hipótese é que a inclusão do SC pode manter o desempenho animal através de mudanças morfológicas no trato gastrointestinal que maximizem a utilização dos nutrientes para obtenção de energia. Objetivou-se, portanto, avaliar as características histomorfométricas do rúmen, intestino, rins e fígado de cordeiros alimentados com dietas contendo SC.

MATERIAIS E MÉTODOS

Local e descrição

O experimento foi conduzido de acordo com os padrões éticos e aprovado pelo Comitê de Ética de Uso de Animais da Universidade Federal de Alagoas (Licença nº 01/2018). O experimento foi executado no galpão de confinamento da Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca, localizado no município de Arapiraca, Alagoas, Brasil. O município de Arapiraca está situado sob as coordenadas geográficas 9°45'6"S, 36°39'37"W, com altitude de 280 metros, e de acordo com Koppen (Kottek et al., 2006), o clima é classificado como As caracterizado como tropical com estação seca. Durante a realização do experimento a temperatura ambiental média do galpão foi de 26 °C, e umidade relativa do ar de 75%.

Animais, dietas e manejo

Trinta e cinco cordeiros sem padrão racial definido, machos não castrados, com média de 4 meses de idade e peso corporal (PC) médio de 16,9±2,93 kg foram usados nesse estudo. A área experimental destinada aos animais foi composta por baias individuais, com dimensões de 1,0 m × 1,6 m, com acesso a bebedouros e comedouros individuais, dispostas em galpão de confinamento coberto. Antes do início do experimento, todos os animais foram identificados através de brincos e submetidos ao controle de ectoparasitos e endoparasitos (Cydectin®) e vacinados contra clostridioses (Poli-Star).

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, e o período experimental teve duração de 86 dias, compreendendo 15 de adaptação às dietas e às instalações, e 71 dias do período experimental). As dietas experimentais foram constituídas por 5 níveis do SC (0; 4,8; 9,6; 14,4 e 19,2%) na matéria seca (MS), com 7 animais em cada nível. As dietas experimentais foram compostas por bagaço de cana-de-açúcar, milho, farelo de soja e SC, e formuladas de forma a atender às exigências nutricionais de cordeiros pesando 22,5 kg de PC, visando um ganho médio diário de 200 g, de acordo com as recomendações nutricionais do NRC (2007) e a composição química dos ingredientes (Tabela 1 e 2). O volumoso correspondeu a 33% e o concentrado a 67% da dieta. A alimentação foi fornecida ad libitum duas vezes ao dia, na

proporção de 60% às 8 horas e 40% às 16 horas. Para estimar o consumo voluntário, as sobras foram recolhidas e pesadas diariamente. Em seguida, o consumo foi mensurado pela diferença entre a oferta de ração e sobra de cada animal. A quantidade fornecida foi ajustada a cada dois dias, baseada na ingestão voluntária do animal com estimativa de sobras de aproximadamente 12%.

Ao final do período experimental os cordeiros foram pesados. Para mensurar o ganho médio diário (GMD) os animais foram pesados no início e no fim do período experimental, e a cada 15 dias para acompanhamento.

Tabela 1 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Composição	Bagaço de cana-de-açúcar	Subproduto do coco	Milho	Farelo de soja
Matéria seca ¹	688	942	886	887
Matéria orgânica ²	963	972	987	942
Matéria mineral ²	37	28	13	58
Proteína bruta ²	16	184	74	431
Extrato etéreo ²	8	394	58	40
Fibra em detergente neutro ^{2,3}	791	255	139	123
Fibra em detergente ácido ^{2,3}	524	113	24	71
Lignina ²	82	38	4	1
Carboidratos não-fibrosos ^{2,3}	148	140	717	348
Carboidratos totais ²	939	394	856	471

¹g/kg de matéria natural; ²g/kg de matéria seca; ³Corrigido para cinzas e proteínas.

Abate, preparação das amostras e análises laboratoriais

Os animais foram submetidos a jejum de sólidos por 16 horas e casualizados para realização do abate ao final do período experimental. Os animais foram insensibilizados pelo método percussivo penetrativo com auxílio de pistola dardo cativo, suspensos pelos membros posteriores por cordas e sangrados por cisão das artérias carótidas e veias jugulares de acordo com as normas de abate humanitário do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (2000).

Os animais foram esfolados manualmente segundo metodologia de Cezar e Sousa (2007), e após esse procedimento, foram removidos os componentes internos das cavidades pélvica, abdominal e torácica, e em seguida foram coletados fragmentos não maiores do que 0,5 cm³ dos órgãos: fígado (lobo lateral esquerdo) e rim (área cortical), e fragmentos não maiores do que 1 cm dos órgãos: rúmen (parede do saco dorsal) e intestino delgado (porção

média do duodeno), os quais foram fixados em formol a 10%, e acondicionadas em recipientes identificados. Esses fragmentos foram sempre retirados da mesma porção topográfica em todos os animais.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas experimentais para cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Ingredientes ²	Inclusão do subproduto do coco (%)				
	0	4,8	9,6	14,4	19,2
Bagaço de cana	333	333	333	333	333
Subproduto do coco	0	48	96	144	192
Milho	382	342	302	262	221
Farelo de soja	247	240	232	225	217
Calcário calcítico	3	3	3	3	3
Ureia	10	10	10	10	10
Sal comum	16	16	16	16	16
Sal mineral	10	10	10	10	10
Total	1000	1000	1000	1000	1000
Composição química					
Matéria seca ¹	824	827	829	832	835
Matéria orgânica ²	941	940	940	940	939
Matéria mineral ²	59	60	60	60	61
Proteína bruta ²	167	169	172	174	177
Extrato etéreo ²	35	51	67	83	99
Fibra em detergente neutro ^{2,3}	347	353	358	364	369
Fibra em detergente ácido ^{2,3}	201	205	209	213	217
Carboidratos não-fibrosos ^{2,3}	418	394	369	344	319
Carboidratos totais ²	765	746	727	708	689

¹g/kg de matéria natural; ²g/kg de matéria seca; ³Corrigido para cinzas e proteínas; Equivalente proteico da ureia = 2820 g/kg de matéria seca.

As análises histomorfométricas e histopatológicas foram realizadas no Laboratório de Histologia Animal, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, e o processamento histológico foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Barboza et al. (2019), Lima et al. (2019) e Silva et al. (2020a).

Para o fígado e rim, foram digitalizadas 6 fotomicrografias por animal totalizando 42 amostras por tratamento de cada órgão (7 animais × 6 fotomicrografias), utilizando a objetiva de 40x. Em cada uma das fotomicrografias o observador procurou alterações histopatológicas nos componentes do néfron (corpúsculo renal, túbulos contorcidos proximais, alça de Henle e

túbulos contorcidos distais) para verificar possíveis lesões renais causadas pela inclusão do SC nas dietas.

As amostras de ingredientes e sobras foram pré-secas em 55 °C por 72 h, em estufa de circulação de ar forçado e moídas em moinho de faca, com peneiras de porosidades de 1 mm e 2 mm. As determinações de MS (método AOAC 934.01), matéria mineral (MM; método AOAC 942.05), proteína bruta (PB, método AOAC 954.01), extrato etéreo (EE; método AOAC 920.39) e lignina (método AOAC 973.18) foram realizadas de acordo com a AOAC (2019). A fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com Mertens (2002). A FDN e FDA foram corrigidas para isenção de cinzas e proteína, em que os resíduos da digestão em detergente neutro e em detergente ácido foram incinerados em mufla a 600°C por 2 horas, e a correção para proteína foi efetuada mediante proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) de acordo com Licitra et al. (1996).

Determinação da morfologia do trato gastrointestinal

Para a histomorfometria de rúmen e intestino delgado a objetiva utilizada foi de 4x. Para as variáveis do rúmen: altura de papila (da base até o ápice) e largura da papila (na região média) foram realizadas 5 mensurações por animal, totalizando 35 amostras por tratamento (7 animais × 5 mensurações por animal), e para espessura da camada muscular, espessura de epitélio e queratinização epitelial foram realizadas 7 mensurações por animal, totalizando 49 amostras por tratamento (7 animais × 7 mensurações por animal). Para as variáveis do duodeno: espessura de camada mucosa e submucosa, foram realizadas 6 mensurações por animal, totalizando 42 amostras por tratamento (7 animais × 6 mensurações por animal). Para as variáveis acima mencionadas foi utilizada a coloração histológica de hematoxilina-eosina. Já para a mensuração da quantidade de células caliciformes no duodeno em cada animal foi contabilizada a quantidade de células caliciformes em 2000 µm lineares de epitélio intestinal, sob a coloração histoquímica de ácido periódico de Schiff (PAS), utilizando para tanto, 4 áreas de 500 µm.

Análise estatística

Para análise estatística, os dados foram submetidos a análise de regressão utilizando o PROC REG no SAS - University Edition), e a equação de regressão obtida foi considerada significativa quando $P < 0,05$, sendo os modelos escolhidos baseados nos valores dos coeficientes de determinação e no comportamento biológico. Foi utilizado o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Em que:

Y_{ij} = valor observado para variável em estudo referente ao tratamento i na repetição j ;

μ = Média de todas as unidades experimentais para a variável em estudo;

T_i = Efeito do tratamento i ;

e_{ij} = Erro aleatório.

RESULTADOS

Houve uma diminuição linear ($P < 0,05$) do consumo de MS (CMS) (g/dia) com a inclusão do SC (Figura 1). Foi observado incremento quadrático ($P < 0,05$) para o ganho médio diário (GMD) com o valor máximo de 164,1 g/dia estimado para o nível de inclusão de 3,6% do SC.

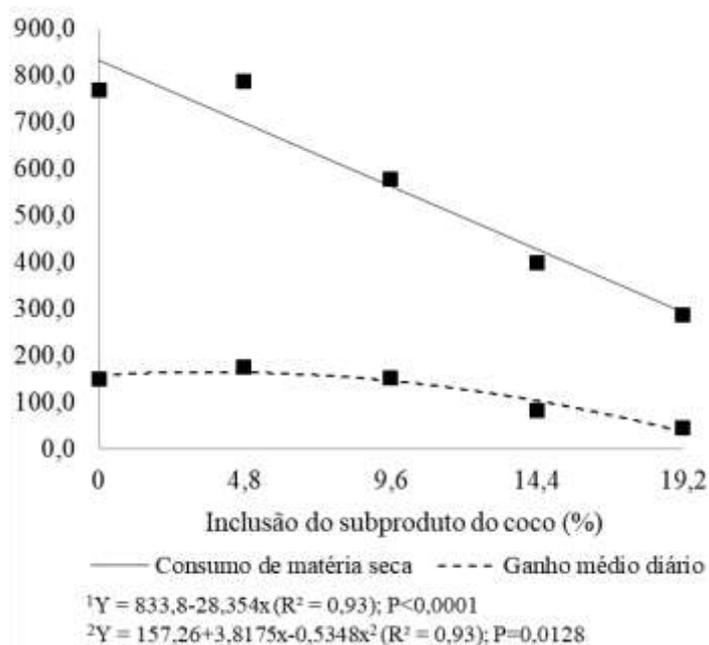


Figura 1 - Consumo de matéria seca e ganho médio diário (g/dia) de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

As variáveis referentes à morfometria do rúmen foram influenciadas pela inclusão do SC ($P < 0,05$), exceto a largura de papila ruminal (Tabela 3). A inclusão do SC até 19,2% da dieta resultou em redução quadrática ($P < 0,05$) para espessura de epitélio, queratinização epitelial, e também para altura de papila e, conseqüentemente, para a área de absorção ruminal. Já a espessura da camada muscular do rúmen diminuiu linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão do SC.

A inclusão do SC induziu crescimento linear ($P < 0,05$) da camada mucosa e reduziu linearmente ($P < 0,05$) a camada submucosa, assim como, as células caliciformes no intestino delgado dos cordeiros (Tabela 4). Além disso, a inclusão do SC não influenciou o glicogênio hepático, e ao exame histopatológico não revelou lesões hepáticas ou congestão, vacuolização e necrose do tecido renal.

Tabela 3 - Medidas morfométricas da mucosa ruminal de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Altura de papila, μm	1182,5	1111,4	1111,4	892,3	707,9	35,16	<0,0001	<0,0094 ¹
Largura de papila, μm	369,5	365,0	361,9	363,9	362,3	4,27	0,6159	0,7704
Área de absorção, μm^2	437884,3	406335,6	402860,6	327898,2	258279,3	13868	<0,0001	0,0499 ²
Espessura de epitélio, μm	155,7	138,7	165,9	143,8	121,3	3,53	<0,0086	0,0226 ³
Camada muscular, μm	1224,2	1106,7	1089,8	1014,2	991,4	39,79	<0,0456 ⁴	0,6873
Queratinização epitelial, μm	38,7	29,6	26,2	24,0	20,0	1,23	<0,0001	0,0386 ⁵

¹Y = 1170,8+2,236x-1,3833x² (R² = 0,97); ²Y = 432325-1988,7x-359,8x² (R² = 0,93); ³Y = 149,15+2,2855x-0,188x² (R² = 0,58); ⁴Y = 1180,4-10,763x (R² = 0,81); ⁵Y = 37,496-1,3606x+0,0272x² (R² = 0,91).

Tabela 4 - Espessura média de mucosa, submucosa, muscular e células caliciformes do intestino delgado de cordeiros alimentados com dietas contendo subproduto do coco

Variáveis	Inclusão do subproduto do coco (%)					EPM	P-valor	
	0	4,8	9,6	14,4	19,2		L	Q
Mucosa, μm	470,8	470,0	508,6	519,8	521,1	9,03	0,0160 ¹	0,7456
Submucosa, μm	1273,2	946,5	941,8	938,0	672,6	38,39	<0,0001 ²	0,5655
Células caliciformes	93,0	91,1	70,1	68,4	67,9	3,25	0,0007 ³	0,3519

¹Y = 468+3,1354x (R² = 0,86); ²Y = 1195,8-25,159x (R² = 0,80); ³Y = 92,699-1,5206x (R² = 0,82).

DISCUSSÃO

As características histomorfométricas do rúmen, intestino, rins e fígado de cordeiros alimentados com níveis de SC foram avaliadas no presente estudo. Nossos resultados indicam que os níveis intermediários de inclusão de SC na dieta de cordeiros não causam alterações nas características histomorfométricas do trato gastrointestinal e alterações hepáticas ou renais, que comprometam o desempenho dos animais.

A inclusão do SC resultou em incremento quadrático para o GMD, com valor máximo de 164,1 g dia⁻¹ estimado para o nível de inclusão de 3,6% do SC. Esse resultado difere da resposta de redução linear no CMS com a inclusão de SC na dieta de cordeiros. Adicionalmente, a estimativa de inclusão de 7,2% do SC na dieta sustentou o mesmo ganho de peso quando comparada a dietas convencionais em regiões tropicais com utilização de milho e farelo de soja, o que permite sugerir que o subproduto avaliado é uma alternativa que pode ser adotada como substituto aos grãos.

A redução quadrática para altura de papila ruminal e espessura de epitélio possivelmente foi ocasionado pela diminuição do CMS e de carboidratos não-fibrosos (CNF) pelos cordeiros alimentados com maiores quantidades de SC, o que fez com que houvesse redução dos substratos fermentáveis pelos microrganismos no rúmen e, conseqüentemente, menor produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) em maiores níveis de inclusão do SC (Rezaei et al., 2014; Shi et al., 2020). Tal fato pode ser explicado pela absorção de AGCC, que estimula o metabolismo epitelial do rúmen e induz o crescimento do epitélio (Baldwin et al., 2004; Wang et al., 2009), sendo o desenvolvimento da altura das papilas fortemente influenciado pelas concentrações de propionato e butirato, como demonstrado por Suárez et al. (2006a,b), ao observarem maior desenvolvimento da mucosa do rúmen em bezerros que foram alimentados com dietas que proporcionaram maiores concentrações de propionato e butirato no rúmen.

Foi estimada uma diferença de apenas 4,9% (56,8 μm) entre a altura das papilas ruminais para os níveis de inclusão de 0% e 7,2% do SC nas dietas, entretanto após esse nível, foi constatado uma diminuição mais acentuada da altura das papilas, uma vez que, o aumento da inclusão para 14,4% do SC nas dietas ampliou a diferença para 18,1% (202,19 μm), em comparação a inclusão de 7,2% do SC. Possivelmente, até o nível de 7,2% de inclusão do SC, o propionato produzido através da fermentação do glicerol liberado pela hidrólise dos triglicerídeos do SC estimulou o desenvolvimento das papilas, e assim, aliado a maior disponibilidade de lipídios no intestino delgado, sustentou desempenho semelhante quando o SC não foi incluído na dieta, mesmo com a diminuição dos CNF nas dietas.

A manutenção da altura da papila ruminal é um importante processo fisiológico, pois mesmo com a diminuição do CMS, a redução quadrática encontrada para a área de absorção garantiu que os produtos da fermentação ruminal, os quais são importantes fontes de energia para os cordeiros, fossem absorvidos e suprissem parte das exigências energéticas dos cordeiros (Lesmeister et al., 2004). Uma vez que a FDN foi constante entre os níveis avaliados, a diminuição da camada muscular do rúmen pode estar associada ao aumento do conteúdo lipídico das dietas e diminuição do CMS com a inclusão do SC, que ocasionou em redução do peristaltismo e aumento do tempo de retenção da digesta (Owens e Basalan, 2016). Isso ocorre porque o consumo de dietas ricas em EE estimula a liberação de colecistoquinina (CCK), que por sua vez, age reduzindo a motilidade do rúmen e do intestino delgado (Reidelberger, 1994), e ocasiona menor hipertrofia e hiperplasia das fibras musculares lisas que compõem o rúmen, levando a um menor desenvolvimento da camada muscular em relação ao nível de 0% (Suárez et al., 2006b). Em outros estudos, o menor desenvolvimento da camada muscular do rúmen

também foi associado à diminuição da motilidade ruminal quando houve mudanças na composição química das dietas avaliadas (Wang et al., 2009; Lima et al., 2019).

A redução quadrática observada para a queratinização epitelial, possivelmente é reflexo da diminuição da taxa de passagem nos maiores níveis do SC, que induziu um menor fluxo da digesta sobre as papilas ruminais diminuindo o efeito abrasivo sobre elas, isso levou a uma menor taxa de turnover celular na camada externa do epitélio, fazendo com que houvesse a diminuição da camada de queratina do epitélio ruminal (Silva et al., 2020b). No intestino delgado, a diminuição da taxa de passagem possivelmente ocasionou em diminuição linear da camada submucosa com a inclusão do SC. Nessa camada estão localizadas as glândulas de Brunner que secretam um muco alcalino para neutralizar o pH da região, e também para proteger a mucosa do duodeno contra agentes danosos (Verdiglione e Montesi, 2019). Possivelmente, uma diminuição da taxa de passagem por esse órgão carregou menor quantidade do muco produzido, ocasionando em diminuição da produção, provocando assim, diminuição dessas glândulas e, conseqüentemente, diminuindo a espessura dessa camada (Lang e Tansy, 1983).

A quantidade de células caliciformes no intestino é considerada um parâmetro de saúde intestinal, sendo melhor com o aumento dessas glândulas (Bueno et al., 2012). Essas células são responsáveis pela produção de mucina, muco responsável por auxiliar no peristaltismo, na proteção mecânica do epitélio intestinal e agindo contra agentes infecciosos da mucosa intestinal e também sendo componente do glicocálice intestinal, que ajuda na digestão dos alimentos. A menor taxa de passagem nos maiores níveis de inclusão do SC pode ter diminuído a proliferação dessas células devido a menor necessidade de proteção do epitélio contra a abrasão ocasionada pela passagem da digesta, e assim, menor necessidade de produção de muco.

A inclusão do SC elevou a densidade energética das dietas, e os lipídios passaram a representar uma importante fonte de energia para suprir a demanda energética dos cordeiros. Esse acontecimento fica evidente com o aumento linear da camada mucosa do intestino. Essa modificação morfológica possibilita maior capacidade digestiva do intestino delgado, uma vez que maior espessura de mucosa indica maior altura de vilosidade intestinal, como consequência do conteúdo energético da dieta e diminuição da taxa de passagem (Montanholi et al., 2013; Lima et al., 2018). Assim, houve uma maior área de contato das vilosidades com os nutrientes e favoreceu a digestão e absorção em sua máxima extensão (Van Soest, 1994; Yansari et al., 2004; Gabriel et al., 2008). Apesar de aparentemente apontar um aumento na eficiência

metabólica, não houve aumento do GMD com o aumento da inclusão do SC, pois houve uma diminuição de 65,3% no CMS entre os níveis 0 e 19,2% de inclusão do SC.

A ausência de lesão hepática e renal nos animais pode ter ocorrido devido à ausência de propriedades toxicológicas e fatores antinutricionais do coco (Lima et al., 2015) indicando que, avaliando esse parâmetro, o SC pode ser incluído até 19,2% da MS da dieta sem causar lesões ao fígado e rins de cordeiros em terminação.

CONCLUSÃO

Os resultados indicam que o SC pode ser incluído em dietas para cordeiros sem causar alterações nas características histomorfométricas do trato gastrointestinal e alterações no tecido hepático e renal que comprometam o desempenho animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC, Association of official analytical chemists, 2019. Official Methods of Analysis, 21ed, AOAC, Gaithersburg, MD.
- Baldwin, R.L., McLeod, K.R., Klotz, J.L., Heitmann, R.N., 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87, E55–E65. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70061-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70061-2)
- Barboza, S.C.R.; Oliveira, J.S.; Carvalho Souza, M.T.; Lima Júnior, D.M.; Lima, H.B., Guerra, R.R., 2019. Ovines submitted to diets containing cassava foliage hay and spineless cactus forage: histological changes in the digestive and renal systems. *Trop. Anim. Health Prod.* <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01863-9>
- Bueno, R., Albuquerque, R., Murarolli, V. D. A., AYA, L. A. H., Raposo, R. S. e Bordin, R. A., 2012. Efeito da utilização de probiótico sobre o desempenho e morfologia intestinal de Codornas japonesas, *Brazilian Journal Of Veterinary Research And Animal Science*, 49, 111–115
- Cezar, M.F., Sousa, W. H., 2007. Carcaças ovinas e caprinas- Obtenção, avaliação e classificação. Editora Agropecuária Tropical, Uberaba, MG
- Declèves, A.E., Zolkipli, Z., Satriano, J., Wang, L., Nakayama, T., Rogac, M., Le, T.P., Nortier, J.L., Farquhar, M.G., Naviaux, R.K., Sharma, K., 2014. Regulation of lipid accumulation by AMK-Activated kinase in high fat diet-induced kidney injury. *Kidney Int.* 85, 611–623. <https://doi.org/10.1038/ki.2013.462>
- Foale, M., Harries, H., 2011. Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Coconut (*Cocos nucifera*). In: Elevitch, C.R. (ed.), Specialty crops for Pacific Island Agroforestry, Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawai'i
- Gabriel, I., Mallet, S., Leconte, M., Travel, A., Lalles, J.P., 2008. Effects of whole wheat feeding on the development of the digestive tract of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.* 142, 144–162. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.036>
- Gallo, S.B., Brochado, T., Brochine, L., Passareli, D., Costa, S.F., Bueno, I.C. d. S., Balieiro, J.C. d. C., Franzolin Neto, R., Tedeschi, L.O., 2019. Effect of biosurfactant added in two different oil source diets on lamb performance and ruminal and blood parameters. *Livest. Sci.* 226, 66–72. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.06.006>
- Jang, H.-S., Noh, M.R., Jung, E.-M., Kim, W.-Y., Guda, C., Foster, K.W., Oupicky, D., Ferrer, F.A., Padanilam, B.J., 2019. Proximal tubule cyclophilin D regulates fatty acid oxidation in cisplatin-induced acute kidney injury. *Kidney Int.* <https://doi.org/10.1016/j.kint.2019.08.019>
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., Rubel, F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Zeitschrift* 15, 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Lang, I.M., Tansy, M.F., 1983. Mechanisms of the secretory and motor responses of the Brunner's gland region of the intestines to duodenal acidification. *Pflügers Arch. Eur. J. Physiol.* 396, 115–120. <https://doi.org/10.1007/BF00615515>
- Lesmeister, K.E., Tozer, P.R., Heinrichs, A.J., 2004. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. *J. Dairy Sci.* 87, 1336–1344. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73283-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73283-X)
- Licitra, G.; Hernandez, T. M.; Van Soest, P. J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v. 57, n. 4, p. 347-358.

- Lima, E.B.C., Sousa, C.N.S., Meneses, L.N., Ximenes, N.C., Santos Júnior, M.A., Vasconcelos, G.S., Lima, N.B.C., Patrocínio, M.C.A., Macedo, D., Vasconcelos, S.M.M., 2015. Cocos nucifera (L.) (arecaceae): A phytochemical and pharmacological review. *Brazilian J. Med. Biol. Res.* 48, 953–964. <https://doi.org/10.1590/1414-431X20154773>
- Lima, A.G.V.O., Silva, T.M., Bezerra, L.R., Pereira, E.S., Barbosa, A.M., Ribeiro, R.D.X., Rocha, T.C., Trajano, J.S., Oliveira, R.L., 2018. Intake, digestibility, nitrogen balance, performance and carcass traits of Santa Ines lamb fed with sunflower cake from biodiesel production. *Small Rumin. Res.* 168, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.09.003>
- Lima, T.J., Costa, R.G., de Medeiros, G.R., de Medeiros, A.N., Ribeiro, N.L., de Oliveira, J.S., Guerra, R.R., de Carvalho, F.F.R., 2019. Ruminal and morphometric parameters of the rumen and intestines of sheep fed with increasing levels of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm-Dyck). *Trop. Anim. Health Prod.* 51, 363–368. <https://doi.org/10.1007/s11250-018-1697-1>
- MAPA - Ministério da Agricultura, Brasil, 2000. Instrução Normativa nº 3, de 07 de janeiro de 2000. Regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. S. D. A. /M. A. A. Diário Oficial da União, Brasília, 24 jan. 2000, Seção 1, p.14-16.
- Medeiros, G.R., Alves, K.S., Mattos, C.W., Saraiva, T.D.A., De Carvalho, F.F.R., Ferreira, M.D.A., Do Nascimento, J.F., 2008. Effect of concentrate levels on non carcass components of the Morada Nova hair sheep in feedlot. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 1063–1071. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008000600017>
- Mertens, D.R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. *J. AOAC Int.* 85 (6), 1217–1240.
- Montanholi, Y., Fontoura, A., Swanson, K., Coomber, B., Yamashiro, S., Miller, S., 2013. Small intestine histomorphometry of beef cattle with divergent feed efficiency. *Acta Vet. Scand.* 55, 9. <https://doi.org/10.1186/1751-0147-55-9>
- Moreno, G.M.B., Sobrinho, A.G. da S., Leão, A.G., Perez, H.L., Loureiro, C.M.B., Pereira, G.T., 2011. Non-carcass components yield of lambs fed corn silage or sugar cane under two levels of concentrate, *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 2878–2885. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982011001200035>
- Nayar, N.M., 2017. The Coconut in the World, in: *The Coconut*. Elsevier, pp. 1–8. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-809778-6.00001-2>
- NRC - National Research Council, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids, National Academic Press, Washington, D.C.
- Owens, F.N., Basalan, M., 2016. Ruminal fermentation, in: *Rumenology*. Springer International Publishing, pp. 63–102. https://doi.org/10.1007/978-3-319-30533-2_3
- Reidelberger, R.D., 1994. Cholecystokinin and Control of Food Intake. In: *Symposium: New Research in the Physiology of Cholecystokinin: Nutrition Issues*. American Institute of Nutrition.
- Rezaei, J., Rouzbehan, Y., Fazaeli, H., Zahedifar, M., 2014. Effects of substituting amaranth silage for corn silage on intake, growth performance, diet digestibility, microbial protein, nitrogen retention and ruminal fermentation in fattening lambs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 192, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.03.005>
- Silva, K.B., Oliveira, J.S., Santos, E.M., Cartaxo, F.Q., Guerra, R.R., Souza, A.F.N., Muniz, A.C.S., 2020a. Ruminal and histological characteristics and nitrogen balance in lamb fed diets containing cactus as the only roughage, *Tropical Animal Health and Production*, 52, 637–645. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02051-5>
- Silva, T.G.P., Batista, Â.M.V., Guim, A., da Silva, V.A., de Carvalho, F.F.R., de Barros, M.E.G., de Sousa, D.R., da Silva, S.M.C., 2020b. Histomorphometric changes of the fore-stomach of lambs fed

- with diets containing spineless cactus genotypes resistant to *Dactylopius* sp., *Tropical Animal Health and Production*, 52, 1299-1307. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02129-0>
- Shi, F.Y., Guo, N., Degen, A.A., Niu, J.H., Wei, H.Y., Jing, X.P., Ding, L.M., Shang, Z.H., Long, R.J., 2020. Effects of level of feed intake and season on digestibility of dietary components, efficiency of microbial protein synthesis, rumen fermentation and ruminal microbiota in yaks. *Anim. Feed Sci. Technol.* 259, 114359. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114359>
- Suárez, B.J., Van Reenen, C.G., Beldman, G., Van Delen, J., Dijkstra, J. and Gerrits, W.J.J., 2006a. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics *Journal of Dairy Science*, 89, 4365–4375. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72483-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72483-3)
- Suárez, B.J., Van Reenen, C.G., Gerrits, W.J.J., Stockhofe, N., Van Vuuren, A.M., Dijkstra, J., 2006b. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: II. Rumen development, *Journal of Dairy Science*, 89, 4376–4386. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72484-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72484-5)
- Toral, P.G., Belenguer, A., Frutos, P., Hervás, G., 2009. Effect of the supplementation of a high-concentrate diet with sunflower and fish oils on ruminal fermentation in sheep. *Small Rumin. Res.* 81, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2008.12.009>
- Wang, Y.H., Xu, M., Wang, F.N., Yu, Z.P., Yao, J.H., Zan, L.S., Yang, F.X., 2009. Effect of dietary starch on rumen and small intestine morphology and digesta pH in goats. *Livest. Sci.* 122, 48–52. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2008.07.024>
- Yansari, A.T., Valizadeh, R., Naserian, A., Christensen, D.A., Yu, P., Shahroodi, F.E., 2004. Effects of alfalfa particle size and specific gravity on chewing activity, digestibility, and performance of Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 3912–3924. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73530-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73530-4)
- Van Soest, P. J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*, Ithaca: Cornell University
- Verdiglione, R., Montesi, F., 2019. Ultrastructural investigation on bovine Brunner's glands. *Transl. Res. Anat.* 15, 100039. <https://doi.org/10.1016/j.tria.2019.02.001>

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A partir dos resultados obtidos nesse trabalho, pode-se recomendar um nível seguro de inclusão do subproduto de processamento do coco na dieta de cordeiros que garante desempenho semelhante à utilização de dietas com milho e farelo de soja como ingredientes concentrados principais. Apesar do nível de inclusão do SC em dietas para cordeiros recomendado nesse trabalho não ser elevado, o seu alto teor energético e teor relevante de proteína bruta, permite diminuir consideravelmente a utilização do milho e farelo de soja nas dietas. Esse acontecimento se torna importante, pois estes são ingredientes de preços elevados e que nem sempre estão acessíveis para compra pelos produtores, seja pelo preço elevado ou pela disponibilidade na região. Diante dos resultados obtidos nesse trabalho, surge mais uma alternativa de uso de um ingrediente que está disponível em regiões tropicais.

Esse trabalho também trouxe avanços sobre a utilização de dietas com alto teor de gorduras saturadas para ruminantes, como também os efeitos de ácidos graxos de cadeia média (AGCM) sobre a dinâmica da fermentação ruminal e como mudanças das populações ruminais influenciam a utilização de nutrientes e os ácidos graxos que são depositados no músculo de cordeiros. Outro importante avanço é o relato da utilização de fontes de AGCM e sua influência sobre a deposição de gordura e músculo na carcaça, que está diretamente relacionada à produção de carne. Além disso, com exceção desse trabalho, não foram encontrados registros na literatura sobre a morfologia da mucosa do rúmen e intestino delgado com o uso de dietas com alto teor de gordura saturada para cordeiros.