

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**CAROÇO DE ALGODÃO INTEGRAL E MOÍDO E QUITOSANA
EM DIETAS PARA CORDEIROS**

TAMIRES DA SILVA MAGALHÃES

SALVADOR - BA
FEVEREIRO - 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA – UFBA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CAROÇO DE ALGODÃO INTEGRAL OU MOÍDO E QUITOSANA
EM DIETAS PARA CORDEIROS

TAMIRES DA SILVA MAGALHÃES
Zootecnista

SALVADOR - BA
FEVEREIRO - 2018

TAMIRES DA SILVA MAGALHÃES

**CAROÇO DE ALGODÃO INTEGRAL OU MOÍDO E
QUITOSANA EM DIETAS PARA CORDEIROS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia,
como requisito parcial para obtenção do título de
Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção animal

Orientador: Prof. Dr. Edson Mauro Santos
Co-Orientador: Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

**SALVADOR – BA
FEVEREIRO– 2018**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA), com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

M188 Magalhães, Tamires da Silva

Caroço de algodão integral ou moído e quitosana em dietas para cordeiros / Tamires da Silva Magalhães. -- Salvador, 2018.

114f. :il

Orientador: Edson Mauro Santos.

Coorientador: Gleidson Giordano Pinto de Carvalho. Tese (Doutorado - Zootecnia) -- Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2018.

1. Nutrição de animais. 2. aditivo – gordura protegida. 3. Fermentação ruminal 4. ovinos. I. Santos, Edson Mauro. II. Pinto de Carvalho, Gleidson Giordano. III. Título.

CDU: 636.085:636.3

**CAROÇO DE ALGODÃO INTEGRAL OU MOÍDO E QUITOSANA EM
DIETAS PARA CORDEIROS**

Tamires da Silva Magalhães

**Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia**

Salvador, 19 de fevereiro de 2018

Comissão examinadora:



Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

UFBA

Co-Orientador / Presidente



Dr. José Esler de Freitas Júnior

UFBA



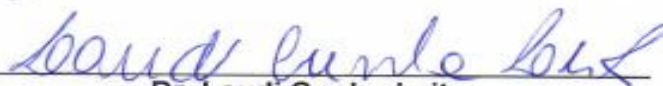
Dr. Carlos Emanuel Eiras

AGES



Dra. Manuela Silva Libânio Tosto

UFBA



Dr. Laudí Cunha Leite

UFRB

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

TAMIRES DA SILVA MAGALHÃES - Nasceu em Feira de Santana, Estado da Bahia, em 23 de dezembro de 1987. Filha de Nemo Oliveira Magalhães e Lumerize da Silva Magalhães. Em 2006, ingressou na Universidade Federal da Paraíba-UFPB, onde, juntamente com a graduação em Zootecnia, participou da Iniciação Científica na área de Bioclimatologia. Em 2010, obteve o título de Zootecnista e em 2011, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal da Paraíba, na área de Conhecimento Nutrição e Produção de Ruminantes, defendendo a dissertação em Fevereiro de 2013. Em março de 2014, ingressou no Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal da Bahia - UFBA na área de Concentração Nutrição e Produção de Ruminantes, defendendo a tese em 16 de fevereiro de 2018.

“A sabedoria inferior é cheia de diplomas, na superior ninguém se gradua, não há mestres nem doutores, todos são eternos aprendizes. Que tipo de sabedoria controla a sua vida?”

Augusto Cury

Este trabalho é dedicado ao meu filho **Theo**, por ser a razão de toda minha persistência e ter o sorriso que me fornece a força necessária para prosseguir.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, irmãos, tios e primos, por me ensinar que nada se alcança sem honestidade, que a verdade está acima de todas as coisas e que alcançar a vitória é consequência, pois o aprendizado está no caminho trilhado. Eu amo vocês!

Ao meu filho Theo, que me ensinou que o amor cura tudo e que não permitiu que eu ousasse desistir quando me deparava com as mais difíceis situações. Você é a razão da minha vida, Filho.

Ao meu noivo Allan, pelo auxílio em todos os momentos de dificuldades enfrentados, pelo ombro amigo e, por muitas, vezes acreditar mais em mim do que eu mesma.

Aos meus amigos de Feira de Santana, da Paraíba e Senhor do Bonfim, que não me deixaram fraquejar nem me sentir sozinha durante essa caminhada/vida.

Mary, (minha amiga, minha “mãe”, minha irmã...) representa um pouquinho de cada amigo. Muito obrigada por ter ido ao local do abate dos cordeiros só para ficar com meu filho. Você sabe que nosso amor é por toda essa jornada.

Ao professor Edson Mauro Santos, pela orientação e confiança durante todos esses anos.

Ao professor Gleidson Giordano Pinto de Carvalho, por toda amizade e ensinamentos passados. Sou muito feliz por ter encontrado um ser como você nesta vida. Eternamente grata!

Ao professor e amigo Cláudio Romão, por sempre ter palavras recheadas de perseverança e positividade. Nossa vivência vai além dos portões da UFBA!

Ao professor Cláudio Ribeiro, que me acompanhou em meu Estágio na Docência e fez meu encantamento pelo ensino aumentar.

Aos professores da Pós Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, pelos ensinamentos repassados.

Ao amigo Iuran Dias, Jusaline, Emelline, Henry, Thomaz e Franklin pela ajuda, amizade e por tornar os dias de experimentos mais felizes. Assim como às amigas Camila Maida, Claudinha e Maria por dividirem comigo tantos sorrisos.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, da Universidade Federal da Bahia, pela ajuda e dedicação.

Aos PIBICs, que foram fundamentais para a realização do experimento e análises.

A todos os servidores da Universidade Federal da Bahia que sempre estiveram tão dispostos a me ajudar em todas as ocasiões.

A todos os servidores do Instituto Federal do Pará – Campus Cametá, por me dar força, por tornar possível conciliar doutorado com trabalho e por tornar meus dias mais engraçados e leve.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

E, ao mais especial, que me sustentou, e que para cada porta que eu encontrava fechada, Ele sempre abria dez janelas. Ele que foi/é meu maior guia, que escutou todos os meus apelos, enxugou todas as minhas lágrimas e foi testemunha de todo meu esforço. Toda honra e toda glória a Ti, Pai. **Obrigada, Deus!!**

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 3

Influência do caroço de algodão associado à quitosana no perfil metabólico sanguíneo e histopatologia do rim, fígado e rúmen de ovinos confinados

- Figura 1.** **Fotomicrografias do parênquima hepático de ovinos, Santa Inês, submetidos a dieta de caroço de algodão com e sem adição de quitosana. HE. A e C.** Grupo sem adição de quitosana. Notar em A, leve esteatose microvacuolar periportal multifocal (setas vermelhas); em C, observar leve infiltrado inflamatório periportal (setas pretas). Obj. 10x. **B e D.** Grupo com adição de quitosana. B, moderada esteatose microvacuolar periportal multifocal (setas vermelhas). Em D, discreto infiltrado inflamatório mononuclear periportal (seta preta). Obj. 10x; 40x. **88**
- Figura 2.** **Fotomicrografias do parênquima renal de ovinos, Santa Inês, submetidos a dieta de caroço de algodão com e sem adição de quitosana. HE. A e B.** Necrose de coagulação dos túbulos renais (setas vermelhas). Notar em B, núcleos em picnose (setas vermelhas) e cariorrexia (seta amarela). Obj. 10x; 40x, respectivamente. **C e E.** Grupo com adição de quitosana. Discreto infiltrado inflamatório intersticial (nefrite intersticial – seta preta) e em pelve renal. Obj. 10x; 4x, respectivamente. **D e F.** Grupo sem adição de quitosana. Leve infiltrado inflamatório intersticial (nefrite intersticial – setas pretas) e intenso infiltrado inflamatório em pelve renal. Obj. 10x; 4x, respectivamente. **90**
- Figura 3.** **Fotomicrografias do rúmen de ovinos, Santa Inês, submetidos a dieta de caroço de algodão com e sem adição de quitosana. HE. A e B.** Grupo sem adição de quitosana. Vilosidades ruminais com moderada acantose (setas pretas) e hiperqueratose paraceratótica (setas vermelhas). Notar células epiteliais vacuolizadas (degeneração hidrópico-vacuolar). Obj. 4x; 10x, respectivamente. **C e D.** Grupo com adição de quitosana. Vilosidades ruminais com discreta acantose (setas pretas) e hiperqueratose paraceratótica (setas vermelhas). Notar células epiteliais vacuolizadas (degeneração hidrópico-vacuolar). Obj. 4x; 10x, respectivamente. **91**

LISTA DE TABELAS

Capítulo1

Caroço de algodão integral ou moído associado à quitosana em dietas para cordeiros: Metabolismo nitrogenado, desempenho produtivo e comportamento ingestivo

		Página
Tabela 1.	Composição percentual e bromatológica da dieta experimental padrão utilizada no confinamento dos cordeiros.	27
Tabela 2.	Consumo e digestibilidade dos componentes nutricionais em cordeiros mestiços Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV).	35
Tabela 3.	Balanco de nitrogênio e síntese microbiana em cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV).	36
Tabela 4.	Média dos valores do desempenho de ganho médio diário (GMD), eficiência alimentar (EA) e conversão alimentar (CA) de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV).	38
Tabela 5.	Consumos de matéria seca (CMS) e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), atividades de alimentação, ruminação e mastigação e ócio de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	39
Tabela 6.	Eficiências de alimentação e ruminação de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV).	40
Tabela 7.	Número e tempo médio despendido por período nas atividades de alimentação, ruminação e ócio e consumo de MS e FDNcp por período de alimentação de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV).	41

Capítulo 2

Efeito do caroço de algodão associado à quitosana sobre as características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros

		Página
Tabela 1.	Composição percentual e bromatológica da dieta experimental padrão utilizada no confinamento dos cordeiros	53
Tabela 2.	Média do consumo de matéria seca total (CMS total), peso inicial e final ao abate, peso da carcaça quente e fria, porcentagem dos cortes comerciais (costela, lombo total, paleta, pernil, pescoço) e o total da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	60
Tabela 3.	Média dos valores da morfometria (acabamento, comprimento interno, comprimento externo, circunferência da perna, comprimento da perna, conformidade, engorduramento, largura da garupa, largura do tórax, perímetro da garupa, perímetro peito e perímetro do tórax) de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	62
Tabela 4.	Média dos valores da composição centesimal (cinzas, gordura, proteína, umidade e colágeno) do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros Santa Inês alimentados caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	63
Tabela 5.	Média dos valores de área de olho de lombo (AOL), pH 0 e 1, espessura de engorduramento subcutâneo (EGS), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros Santa Inês alimentados caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	64
Tabela 6.	Média dos valores de cor (a*, b* e L*) do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros Santa Inês alimentados caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	65
Tabela 7.	Média dos valores dos ácidos graxos saturados de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	66
Tabela 8.	Média dos valores dos ácidos graxos monoinsaturados de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	67
Tabela 9.	Média dos valores dos ácidos graxos poliinsaturados de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	68
Tabela 10.	Somatórios e razões dos principais ácidos graxos presentes na carne de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)	69

Capítulo 3

Influência do caroço de algodão associado à quitosana no perfil metabólico sanguíneo e histopatologia do rim, fígado e rúmen de ovinos confinados

	Página
Tabela 1. Composição percentual e bromatológica da dieta experimental padrão utilizada no confinamento dos cordeiros	81
Tabela 2. Média dos valores sanguíneos de ureia (mg/dL), creatinina (mg/dL), proteínas totais (Proteínas t.), albumina, globulina (g/dL), colesterol (mg/dL), triglicerídeo (mg/dL), glicose (mg/dL) e as enzimas hepáticas GGT, ALT e AST (U/L) em cordeiros Santa Inês alimentados caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV).	86
Tabela 3. Achados do exame histopatológico do fígado e rim de ovinos submetidos à dieta contendo caroço de algodão (integrado ou moído) associado ou não a quitosana (136mg/Kg de PV)	91
Tabela 4. Achados do exame histopatológico do rúmen de ovinos submetidos à dieta experimental	92

LISTA DE ABREVIATURAS

ALT – Alanina-aminotransferase
AOAC - Association of analytical chemists
AOL - Área de olho de lombo
AST – Aspartato-aminotransferase
CA - Conversão alimentar
CIN - Cinzas
CF - Comprimento do fêmur
cm - Centímetros
CMS - Consumo de matéria seca
CMO - Consumo de matéria orgânica
CPB - Consumo de proteína bruta
CEE - Consumo de extrato etéreo
CFDN - Consumo de fibra detergente neutro
CCNF - Consumo de carboidratos não-fibrosos
CNF - Carboidratos não-fibrosos
CPB - Consumo de proteína bruta
CT - Carboidratos totais
CZ - Cinzas
dL - Decilitro
EE - Extrato etéreo
EED - Extrato etéreo digestível
EG - Espessura de gordura
EPM - Erro padrão da média
FDA - Fibra em detergente ácido
FDN - Fibra em detergente neutro
g - Gramas
GGT - Gama-glutamiltransferase
GMD - Ganho médio diário
GPT - Ganho de peso total
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMP - Índice de musculosidade da perna
Kg - Quilograma
L - Litro
mg - Miligrama
MM - Matéria mineral
mm - Milímetro
mmol - Milimol
MN - Matéria natural
MO - Matéria orgânica
MS - Matéria seca
N – Normal
NDT - Nutrientes digestíveis totais
NRC - Nutrient Research Council

PCA - Peso corporal ao abate
PB - Proteína bruta
PBD - Proteína bruta digestível
PC - Peso corporal
PCQ - Peso da carcaça quente
PCA - Peso corporal ao abate
PDR - Proteína degradável no rúmen
PIDA - Proteína indigestível em detergente ácido
PIDN - Proteína indigestível em detergente neutro
PMCFR - Peso de meia-carcaça fria reconstituída
PT - Proteína total
PV - Peso vivo
PV^{0,75} - Peso metabólico
PVF - Peso vivo final
RCQ - Rendimento da carcaça quente
R² - Coeficiente de determinação
SPRD - Sem Padrão Racial Definido
UI - Unidade internacional
µg - micrograma

SUMÁRIO

	Página
Caroço de algodão integral ou moído e quitosana em dietas para cordeiros	
Resumo Geral.....	1
Geral Abstract.....	2
1. Introdução geral	3
Referências Bibliográficas	6
2. Revisão de Literatura Geral	8
2.1 Quitosana.	8
2.2 Quitosana para ruminantes.....	10
2.3 Caroço de algodão.....	12
2.4 Influência do caroço de algodão em ruminantes.....	15
Referências Bibliográficas	19
1. Objetivos	23
1.1 Objetivo Geral.....	23
1.2 Objetivos Específicos.....	23

CAPÍTULO 01

Caroço de algodão integral ou moído associado à quitosana em dietas para cordeiros: Desempenho produtivo, metabolismo nitrogenado, e comportamento ingestivo

Resumo	25
Abstract	26
1. Introdução.	27
2. Material e Métodos.	29
2.1 Local, animais e instalações.....	29
2.2 Dieta experimental e manejo.....	30
2.3 Composição química, consumo e digestibilidade	34
2.4 Excreção urinária e síntese proteína microbiana.....	36
2.5 Desempenho produtivo	37
2.6 Comportamento ingestivo.....	38
2.7 Análises estatísticas.....	39
3. Resultados e Discussão.	40
4. Conclusão.....	48
Referências Bibliográficas.....	49

Capítulo 2

Efeito do caroço de algodão associado à quitosana sobre as características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros

Resumo.....	56
Abstract.....	57
1. Introdução.....	58
2. Material e Métodos.....	60
2.1 Local, animais e instalações.....	60
2.2 Dieta experimental e manejo.....	60
2.3 Abate e morfometria da carcaça.....	62
2.4 Análise físico-química e centesimal.....	63
2.5 Análise perfil de ácidos graxos.....	65
2.6 Análises estatísticas.....	66
3. Resultados e discussão.....	67
4. Conclusões.....	77
Referências Bibliográficas.....	78

Capítulo 3

Influência do caroço de algodão associado à quitosana no perfil metabólico sanguíneo e histopatologia do rim, fígado e rúmen de ovinos confinados

Resumo.....	83
Abstract.....	84
1. Introdução.....	85
2. Materiais e métodos.....	87
2.1 Local, animais e instalações.....	87
2.2 Dieta experimental e manejo.....	87
2.3 Parâmetros sanguíneos.....	89
2.4 Histologia de rim, fígado e rúmen.....	90
2.5 Análises estatísticas.....	90
3. Resultados e Discussão.....	91
4. Conclusões.....	97

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar o efeito do caroço de algodão (inteiro ou moído) associado ou não à quitosana em dietas para cordeiros sobre o consumo e digestibilidade da matéria seca e dos componentes nutricionais, ganho de peso, balanço de nitrogênio, síntese microbiana, características da carcaça, qualidade da carne, histopatologia do rúmen e parênquima hepático e renal. Oitenta ovinos, da raça Santa Inês não castrados, com peso médio de $22,6 \pm 2,2$ kg, com 04 a 05 meses de idade foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2, com o uso do caroço de algodão inteiro ou moído e quitosana (0 ou 136 mg/kg de peso vivo).. A digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica foi significativa para o processamento do caroço de algodão. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para o balanço de nitrogênio entre o uso do caroço de algodão e quitosana para o nitrogênio ingerido, em fezes e urina. Contudo, houve interação ($P>0,05$) entre o efeito do processamento e o uso da quitosana para a síntese de proteína microbiana. Não houve diferença ($P>0,05$) para o ganho médio diário, conversão alimentar (CA) e eficiência alimentar (EA). O comportamento ingestivo não foi influenciado pelas dietas, o que indica que o caroço de algodão pode ser utilizado tanto moído quanto inteiro, sem a necessidade de quitosana. As características da carcaça e a composição físico-química carne, bem como o rendimento dos cortes comerciais de cordeiros não são afetados pela forma de fornecimento do caroço de algodão e quitosana, na dieta. A associação do caroço de algodão com a quitosana aumenta os teores de ácidos graxos essenciais rumênico (18:2 c9 t11) e eicosapentênico (20:5) da carne de cordeiros. De acordo com o perfil metabólico sanguíneo, dietas com caroço de algodão em associação à quitosana não promoveram danos à saúde do animal e nenhum tipo de doença metabólica. Com isso, conclui-se que não há a necessidade de moer o caroço de algodão para uso em dietas para cordeiros, no entanto, a adição de quitosana aumenta o nível de ácidos graxos essenciais (rumênico - 18:2 c9 t11- e eicosapentênico - 20:5-) na carne de cordeiros e diminui os processos inflamatórios no fígado, rim e rúmen.

Palavras-chave: aditivo, D-glicosamina, fermentação ruminal, gordura protegida, gossipol, metabolismo.

GENERAL ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of chitosan (whole or ground) on diet and dry matter digestibility and nutrient components, weight gain, nitrogen balance, microbial synthesis, carcass, meat quality, histopathology of the rumen and hepatic and renal parenchyma. Eighty Santa Inês lambs, with an average weight of 22.6 ± 2.2 kg, with 04 to 05 months old were distributed in a completely randomized design, in a 2 x 2 factorial arrangement, with the use of the core of whole or ground cotton and chitosan (0 or 136 mg / kg body weight). The digestibility of dry matter and organic matter was significant for the processing of cottonseed. No differences ($P > 0.05$) were observed for the nitrogen balance between the use of cotton seed and chitosan for ingested nitrogen in feces and urine. However, there was interaction ($P > 0.05$) between the effect of the processing and the use of chitosan for the synthesis of microbial protein. There was no difference ($P > 0.05$) for the average daily gain, feed conversion (CA) and feed efficiency (EA). The ingestive behavior was not influenced by the diets, indicating that the cotton seed can be used both whole and milled without the need for chitosan. The characteristics of the carcass and the physical-chemical composition of the meat, as well as the yield of the commercial cuts of lambs are not affected by the way of supplying the cotton and chitosan stone in the diet. The association of cotton seed with chitosan increases the levels of ruminal (18: 2 c9 t11) and eicosapentenoic (20: 5) fatty acids of lamb meat. According to the blood metabolic profile, chitosan-associated cotton seed diets did not promote damage to the animal's health and no type of metabolic disease. Therefore, it is concluded that there is no need to grind the cotton seed for use in lamb diets, however, the addition of chitosan increases the level of essential fatty acids (ruminal - 18: 2 c9 t11- and eicosapentenoic - 20: 5-) in the flesh of lambs and decreases inflammatory processes in the liver, kidney and rumen.

Keywords: additive, D-glucosamine, gossypol, metabolism, protected fat, ruminal fermentation.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A criação de ovinos é difundida em todo o mundo e criada praticamente em todas as regiões, com rebanho efetivo na ordem de 1,2 bilhão de cabeças (FAO, 2015). Segundo o IBGE (2015), a produção de ovinos apresenta expansão gradativa no Brasil desde a década de 70, sendo representativa na região Nordeste, com 60,6% do rebanho nacional, o que vem se caracterizando como importante atividade para o meio cultural, social e econômico desta região.

A ovinocultura teve um avanço significativo nos últimos anos (IBGE 2015), sendo cada vez maior a aceitação e utilização de conhecimento técnico-científicos pelos produtores. No entanto, mesmo com este avanço, o Nordeste ainda apresenta baixos índices produtivos e grande oscilação na oferta e qualidade do produto disponibilizado no mercado. Surgindo, então, a necessidade de se estudar a inclusão de subprodutos da agroindústria associados a promotores de crescimento (aditivos), que permitam adequado desempenho produtivo, estabilidade e qualidade na produção de ovinos. Entre os principais aditivos utilizados na alimentação de ruminantes atualmente, estão os ionóforos, ácidos orgânicos e extratos vegetais (Calsamiglia et al, 2007).

No entanto, o uso de ionóforos é, muito provavelmente, o mais bem sucedido exemplo de como a manipulação de fermentação ruminal contribui para o aumento do desempenho animal. A monensina sódica, por exemplo, é utilizada comercialmente na produção de ruminantes desde a década de 70 do século passado. Seu uso, dentre outros efeitos, melhora a eficiência alimentar, diminui a produção de metano e minimiza os riscos de ocorrência de distúrbios metabólicos (Russel, 1987). Porém, a utilização de ionóforos na alimentação animal foi proibida na União Europeia desde janeiro de 2006 (diretiva 1831/2003/CEE, COMISSÃO EUROPEIA, 2003).

Frente entre às questões econômicas e de saúde pública, há crescente interesse científico por alternativas que mimetizem os efeitos dos ionóforos sobre a população microbiana do rúmen, sendo seguras ao consumo humano e, ao mesmo tempo, aceitas pela sociedade. Alternativas que permitam ganhos zootécnicos, redução nos custos de produção, além de segurança e satisfação do consumidor final, juntamente com maior harmonia com o meio ambiente (Acamovic e Brooker, 2005).

Segundo Senel et al. (2004), a quitosana, por ser um biopolímero derivado da quitina, ser atóxico e biodegradável e apresentar efeito semelhante aos ionóforos, tem recebido grande atenção por parte dos pesquisadores. A quitosana (polímero N-acetil-D-

glicosamina) é um biopolímero natural mais abundante da natureza após a celulose, sendo encontrada principalmente, como componente do exoesqueleto de crustáceos e insetos, assim como da parede celular de algumas bactérias e fungos.

Dentre as inúmeras características que distinguem quitina e quitosana dos demais polissacarídeos destaca-se a atividade antimicrobiana. A atividade antimicrobiana da quitosana é reconhecida contra diversas bactérias e fungos e é influenciada por diversos fatores como o tipo de quitosana, o grau de polimerização, peso molecular, tipo de bactéria e outras propriedades químicas e físicas (No et al., 2002; Senel et al., 2004).

Qi et al. (2004) explicaram a atividade antimicrobiana da quitosana por seus grupos amínicos que, uma vez em contato com os fluidos fisiológicos, provavelmente são protonados e se ligam a grupos aniônicos desses microrganismos, resultando na aglutinação das células microbianas e inibição do crescimento. Entretanto, estudos mais recentes, revelam que o mecanismo da atividade antimicrobiana da quitosana está intimamente relacionado às propriedades físico-químicas do polímero e às características da membrana do microrganismo (Silva et al., 2006).

A quitosana interage com a superfície lipopolissacarídea (LPS) das bactérias gram negativas e, da mesma forma, com a fração peptidoglicana das bactérias gram positivas, ambas aniônicas. Entretanto, determinados estudos apontam que bactérias gram positivas são mais susceptíveis do que as bactérias gram negativas (Wang, 1992; No et al., 2002; Senel et al., 2004; Kumar et al., 2005).

Segundo Goiri et al. (2010), a quitosana foi muito eficaz na inibição da biohidrogenação *in vitro* aumentando C18 : 1 e CLA, diminuindo a proporção de ácidos graxos saturados no rúmen, independentemente da fonte de ácido graxo dietético.

Outros benefícios observados foram o aumento da proporção de propionato e diminuição da produção de metano, o que se traduz em maior eficiência energética e diminui da produção de amônia no rúmen, supondo-se que as bactérias proteolíticas são mais susceptíveis à quitosana, aumentando o fluxo de proteína para absorção no duodeno (Goiri et al., 2009).

A diminuição da biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no rúmen, induzidas pela suplementação de quitosana refletidas na carne é incerta, mas se assim for, essas mudanças iriam melhorar as propriedades nutricionais dos produtos de ruminantes (Goiri et al., 2010).

Outro entrave encontrado que diminui a produção ovina no Nordeste brasileiro, observado por Rodrigues et al. (2003), é que, tradicionalmente, a criação é caracterizada

de forma extensiva. Nesta região, a escassez na alimentação em decorrência dos longos períodos de estiagem e, conseqüentemente, a falta ou limitação da oferta de alimentos também é um fator que compromete o desempenho da ovinocultura.

O sistema de confinamento pode minimizar esse problema. Apesar das vantagens de confinar cordeiros, ao se adotar este sistema, é necessário enfrentar duas grandes barreiras: os elevados preços dos grãos e formular dietas que permitam elevados ganhos de peso com resultado econômico positivo. O uso do caroço de algodão é uma alternativa, pois ele reúne teores de nutrientes de excelente qualidade, aproximadamente 14,1 a 26,2% de extrato etéreo, proteína 14,8 a 28% e de fibras em detergente neutro (FDN) entre 30,1 e 48%, 3,54 a 4,23 Mcal/kg de energia digestível (ED) (Rogério et al, 2003).

O perfil de ácidos graxos do caroço de algodão é outro ponto importante de se destacar devido ao seu elevado teor de óleo. O caroço de algodão é rico em ácido linoleico (C18:2), palmítico (16:0) e oleico (C18:1) com valores de 53,2%, 25,3% e 17,1%, respectivamente, enquanto que os ácidos esteáricos (C18:0) e linolênicos (C18:3) estão presentes em teores inferiores a 3% (Palmquist et al., 1993), sendo portanto, mais de 70% de seus ácidos graxos insaturados.

Beaudoin (1985) comenta, no entanto, que a qualidade nutricional da semente de algodão é limitada pela presença de gossipol, um pigmento amarelo natural, que pode causar, em animais não-ruminantes, anormalidade nas organelas celulares e interferir nos processos bioquímicos, pois inibe a atividade de várias enzimas.

Com isso, torna-se necessário avaliar a associação do caroço de algodão com a quitosana, visto que a falta de informações sobre as bases nutricionais envolvidas na resposta deste subproduto industrial e desse aditivo impossibilita recomendações para sua utilização nos sistemas comerciais de produção. Somente a quantificação e caracterização em estudos abrangentes permitirão determinar valores de utilização do caroço de algodão na presença da quitosana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAMOVIC, T.; BROOKER, J.D. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. **The Proceedings of the Nutrition Society**, London, v.64, n.3. 2005. 403-412p.
- BEAUDOIN, A. R. The embryotoxicity of gossypol. **Teratology**, v.32. 1985. 251 – 257p.
- CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P.W.; CASTILLEJOS, L.; FERRET, A. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, v.90, n.6. 2007. 2580-2595p.
- FAO. Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação. Estatísticas FAO, 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_07_29_16_55_32_caprinovino_cultura_-_jun_2016_-_sureg_pe.pdf>. Acesso em 18/06/2017.
- GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L.M. Effect of chitosans on in vitro rumen digestion and fermentation of maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.148. 2009. 276-287p.
- GOIRI, I.; INDURAINA, G.; INSAUSTI, K.; SARRIES, V.; GARCIA-RODRIGUEZ, A. Ruminant biohydrogenation of unsaturated fatty acids in vitro as affected by chitosan. **Animal Feed Science and Technology**, v.159. 2010.35–40p.
- IBGE (2015). Produção da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro: IBGE; 2015. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2015_v43_br.pdf>. Acesso em: 18/06/2017.
- KUMAR, A. B. V.; VARADARAJ, M. C.; GOWDA, L. R.; HARANATHAN, R.N. Characterization of chito-oligosaccharides prepared by chitosan analysis with the aid of papain and Pronase, and their bactericidal action against *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. **The Biochemical Journal**, v.391, 2005. 167-175p.
- NO, H. K.; PARK, N.Y.; LEE, S.H.; MEYERS, S. P. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weight. **International Journal of Food Microbiology**, v.74. 2002. 65-72p.

PALMQUIST, D.L.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Ruminal, intestinal, and total digestibilities of nutrients in cows fed diets high in fat and undegradable protein. **Journal of Dairy Science**, v.76. 1993. 1353-1364 p.

RODRIGUES, M. M.; NEIVA, J. N. M.; VASCONCELOS, V. R.; LÔBO, R. N. B.; PIMENTEL, J. C. M.; MOURA, A. A. N. M. Utilização do farelo de castanha de caju na terminação de ovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n. 1. 2003. 240-248p.

ROGÉRIO, M. C. P.; BORGES, I.; SANTIAGO, G. S.; TEIXEIRA, D. A. B. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.6. 2003. 75-80p.

RUSSEL, J.B. A proposed model of monensina action in inhibition rumen bacterial growth: 475 effects on ion flux and proton motive force. **Journal of Animal Science**, v.64. 1987. 1519-1525p.

SENEL, S.; MCCLURE, S. J. Pontential applications of chitosan in veterinary medicine, **Advanced Drug Delivery Review**, v.56. 2004. 1467-1480p.

2. REVISÃO DE LITERATURA GERAL

2.1 Quitosana

Fibra natural de origem animal apresenta propriedades benéficas superiores a outras fibras dietéticas, tanto sintéticas quanto naturais. Extraída do exoesqueleto de crustáceos e com estrutura química semelhante à celulose atua como alimento funcional, reduzindo a absorção das gorduras no intestino e promovendo a redução da concentração de colesterol sérico. Principal componente do exoesqueleto de crustáceos e insetos a quitina é o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza depois da celulose, e a quitosana pode ser obtida a partir da quitina por meio da desacetilação com álcalis (Ferreira e Ancelmo, 2013).

Quitina e quitosana são polissacarídeos constituídos por unidades N- acetil- D-glicosamina e D-glicosamina em proporções variáveis, sendo que o primeiro tipo dessas unidades predomina na constituição de quitina, enquanto a quitosana é composta predominantemente, por unidades D-glicosamina, visto que para obtê-la é realizada desacetilação da quitina. A quitina é o segundo polissacarídeo mais abundante na natureza depois da celulose, sendo o principal componente do exoesqueleto de crustáceos e insetos; sua presença ocorre também em nematóides e parede celular de fungos e leveduras (Senel et al., 2004).

Segundo Ferreira e Ancelmo (2013) a quitosana apresentam grupos aminos livres ao longo da sua cadeia que aderem a cargas positivas na presença de soluções ácidas diluídas, conferindo a quitosana propriedades surpreendentes das quais destaca sua capacidade de ligação. Muitos materiais de cargas negativas tais como as proteínas, ácidos nucleicos, ácidos graxos e outros, podem interagir com a quitosana carregada positivamente.

Dentre as inúmeras características que distinguem quitina e quitosana dos demais polissacarídeos destaca-se a atividade antimicrobiana. Alguns pesquisadores explicam a atividade antimicrobiana da quitosana por seus grupos amínicos que, uma vez em contato com os fluidos fisiológicos, provavelmente são protonados e se ligam a grupos aniônicos desses microrganismos, resultando na aglutinação das células microbianas e inibição do crescimento (Liteng et al., 2004).

A atividade antimicrobiana da quitosana é reconhecida contra diversas bactérias e fungos, e é influenciada por diversos fatores como o tipo de quitosana, o grau de

polimerização, peso molecular, tipo de bactéria e outras propriedades químicas e físicas (No et al., 2002; Senel et al., 2004; Silva et al., 2006).

A quitosana interage com a superfície lipopolissacarídea (LPS) das bactérias gram negativas e da mesma forma com a fração peptidoglicana das bactérias gram positivas, ambas aniônicas. Entretanto determinados estudos apontam que bactérias gram positivas são mais susceptíveis do que as bactérias gram negativas (Wang, 1992; No et al., 2002; Senel et al., 2004; Kumar et al., 2005).

A quitosana comercial tem uma massa molar média na faixa de $1,0 \times 10^5 - 1,2 \times 10^6$ Daltons (Li et al., 1992). De acordo com Nagaraja et al (1997), as bactérias gram negativas possuem uma membrana externa que contém porinas com um tamanho limite de 600 Daltons e portanto, pode-se inferir analogia da ação da quitosana comparada à ação dos ionóforos por se tratar também de uma molécula de alto peso molecular.

A quitosana se liga seletivamente a outras substâncias em meios que ela não esteja fortemente ou moderadamente acidificado, possibilitando obter filtros, membranas ou colunas sem a necessidade de adição de substituintes. Em soluções de ácidos fracos diluídos, a quitosana dissolve-se facilmente, devido à protonação dos grupos amino. No meio neutro, a quitosana tem limitações para se solubilizar em água e, uma vez que essa é a condição que as enzimas fisiológicas necessitam para exercer suas funções, reduz as possibilidades de seu uso para aplicações farmacêuticas. É necessário então que se faça preparados com derivados da quitosana a fim de melhorar a solubilidade, aumentando significativamente as suas aplicações (Lima, 2015).

Trata-se de um produto de custo baixo, renovável, biodegradável, biocompatível, não-tóxico e suas propriedades vêm sendo exploradas em aplicações industriais e tecnológicas. Dependendo do processo de fabricação suas qualidades e propriedades podem variar de acordo com determinadas características intrínsecas: pureza, viscosidade, massa molecular e grau de desacetilação sendo determinantes para caracterizar o produto final em que será usada (Bezerra, 2011).

Segundo Lima (2014) a quitosana por ser um produto em grande quantidade na natureza, pode apresentar custos competitivos frente aos ionóforos e por ser um antimicrobiano de amplo espectro, é possível que este influencie na biohidrogenação e aumente o aporte de ácidos graxos insaturados e compostos nutracêuticos.

Sua caracterização pode levar em conta propriedades físicas, biológicas e químicas. As propriedades físicas são: solubilidade, densidade, tamanho de partículas, viscosidade e descrição de suas apresentações. As propriedades biológicas: citotoxicidade,

apirogenicidade e biocompatibilidade. As propriedades químicas: grau de desacetilação, pH, distribuição de massa molecular, índice de cristalinidade, valor de retenção de água, níveis de metais pesado e proteínas (Bezerra, 2011).

Segundo Lima (2015), na agroindústria a quitosana em soluções ácidas diluídas, serve para preservar e conservar frutas e verduras frescas uma vez que desta forma-se um filme de proteção que protege externamente os alimentos e é semipermeável diminuindo as frutas e verduras de respirar retardando o amadurecimento, possibilitando assim maior tempo em estoque.

2.2. Quitosana para ruminantes

A utilização de quitosana como aditivo na alimentação de animais ruminantes ainda é pouco estudada. Para considerar como mecanismo de ação a quitosana como possível modulador da fermentação ruminal, são necessárias muitas pesquisas ainda a respeito da sua utilização na nutrição de ruminantes, principalmente bovinos (Rennó et al., 2011).

Por se tratar de polissacarídeo de ocorrência usual, sua versátil propriedade propõe uma utilização segura em uma ampla variedade de produtos e aplicações. Sua flexibilidade química garante uma vantagem que permite otimizar de seu perfil biológico. O grau de atividade antimicrobiana vai depender do grau de desacetilação e pH (Rennó, 2011).

O grau de desacetilação da quitosana é uma propriedade que pode intervir diretamente na sua atividade bactericida (Kong et al., 2008). Dessa forma o primeiro estudo a respeito da utilização da quitosana em ruminantes teve o intuito de avaliar as características químicas do produto e a sua ação na microbiota ruminal.

Os resultados de Goiri et al. (2009a) demonstraram que a dose de quitosana utilizada no estudo *in vitro* influencia a fermentação microbiana ruminal, e que a dose ótima a ser utilizada depende da natureza do substrato utilizado para incubação e da especificação da quitosana utilizada.

Deste modo, Goiri et al. (2009a) utilizando seis diferentes tipos de quitosana *in vitro*, observaram que o grau de deacetilação >95 do composto, conferiu redução de metano do total de AGCC (ácidos graxos de cadeia curta), aumento do propionato, além da redução da relação acetato. Neste trabalho os autores concluíram que o maior grau de desacetilação da quitosana aumenta a quantidade de energia obtida por unidade de

substrato fermentável.

Os benefícios observados nos experimentos *in vitro* demonstram alterações nos padrões de fermentação, em particular o aumento da proporção de propionato e reduções na produção de metano o que conduziria a uma maior eficiência energética (Goiri et al., 2009a,b,c), assim como redução na proteólise ruminal da proteína (Goiri et al., 2009b). Entretanto os autores descrevem efeitos negativos como queda na digestibilidade da matéria seca especialmente em culturas enriquecidas com fibra.

Desta forma, Goiri et al. (2010a) realizaram o primeiro estudo utilizando animais com o objetivo de utilizar a quitosana com moduladora da fermentação ruminal. Os autores utilizaram quatro ovelhas não lactantes canuladas no rúmen e forneceram dietas composta por 50% de feno de alfafa e 50% de concentrado, e avaliaram a fermentação ruminal e cecal e a digestibilidade aparente das dietas quando submetidas a dieta controle e com quitosana. De forma similar aos estudos *in vitro*, Goiri et al. (2010b) não observaram efeito da quitosana na proporção molar de acetato, porém houve aumento da proporção molar de propionato e redução da relação acetato:propionato e da concentração de N-NH³.

As informações obtidas demonstram o potencial a ser explorado na utilização de quitosana na alimentação de ruminantes. A flexibilidade química da molécula de quitosana é uma das vantagens que permite otimização de seu perfil biológico. E a importância desse polímero natural tem crescido significativamente em função de sua bioatividade e biocompatibilidade, seu potencial de ação demonstra mudanças no padrão de fermentação, tornando-se possível sua utilização na alimentação de ruminantes (Jacaúna, 2016).

Sua utilização foi reportada como promissor agente modulador de fermentação ruminal, a população microbiana pode ser alterada podendo modificar os processos digestivos e conseqüentemente o consumo de nutrientes. A quitosana atua de forma similar aos ionóforos uma vez que as bactérias gram-positivas são mais susceptíveis à quitosana do que as bactérias gram negativas reduzindo a digestibilidade de FDN a fonte de fibra utilizada assim como da composição da dieta também pode alterar o processo de digestibilidade (Rennó et al., 2011).

A digestibilidade dos carboidratos totais foi influenciada positivamente com o aumento das concentrações de quitosana na dieta. Esse aumento na suplementação com quitosana também implica em mudanças nos padrões de fermentação o que resulta em aumento da produção de ácido propiônico, principal precursor da glicose em ruminantes

(Rennó et al., 2011).

Na pesquisa de Araújo (2011) os resultados demonstraram que a introdução do suplemento de quitosana em ruminantes, trouxe alterações significativas nos padrões sanguíneos, como aumento da ureia que pode estar associada a menor degradação de proteínas e aminoácidos no rúmen. O aumento da glicose também está associado à natureza da dieta.

Identificar fatores que possam influenciar a qualidade da carne é muito importante, pois assim, encontram-se métodos e formas de minimizar e neutralizar resultados negativos que esses fatores poderão causar. Ao utilizar a quitosana como suplemento em ruminantes, esperava-se melhoria no aproveitamento energético advindo da dieta, observando o acréscimo do propionato, com adição do suplemento, á uma diminuição do metano. Contudo essa alteração nos AGCC (ácidos graxos cadeia curta), não alteram suficientemente o produto para a finalidade de consumo (Pereira, 2017).

2.3. Carozo de algodão

O algodão é um produto de aproveitamento completo, este pode gerar fibras têxteis, óleo e diversos subprodutos utilizados na alimentação animal. Atualmente, a cultura do algodão movimentada totalmente a indústria têxtil e deverá ser bem mais significativo durante muitos anos, com a conscientização da necessidade de preservação do meio ambiente, escassez de petróleo (fonte de fibras sintéticas) e a crescente demanda por produtos naturais (Moreira, 2008).

Diversos produtos podem ser originados com a cultura algodoeira, desde os diretos como a pluma e o óleo, até os subprodutos como o caroço, casca, torta e farelo de algodão. Além de fornecer a pluma e o óleo, o algodoeiro é capaz de fornecer um suplemento protéico de boa qualidade nutricional, utilizado principalmente na alimentação de ruminantes (Moreira, 2008).

No Brasil, a cultura do algodoeiro ocupa uma área superior a 1 milhão de hectares, gerando após cada safra mais de 4 milhões de toneladas de algodão em caroço, sendo que o Nordeste o segundo maior produtor com cerca de 1,32 milhões ton (Conab 2013), o que corresponde a uma produção estimada, no estado, de 793,5 mil ton de caroço.

Face seu alto teor de proteína, de energia disponível, 96% NDT (Luginbuhl, et al. 2000), ser boa fonte de fibra efetiva, além de não requerer nenhum processamento este subproduto reúne características desejáveis para a sua incorporação na alimentação de

ruminantes.

A composição do caroço de algodão (CA) dependente, entre outros, da variedade e do tipo de processamento. O teor de fibra do CA é diretamente relacionado à presença do línter, uma estrutura de celulose de alta digestibilidade, que contribui com até 10% do peso do CA (Pires, et al. 1997). Variedades com baixo teor de línter possuem menores teores de fibra 5 a 10% menos, apresentando ainda maiores conteúdos de lipídios e proteínas. Todavia, a relação ácidos graxos insaturados/ácidos graxos saturados (AGI:AGS) mostra-se similar em ambos os tipos (Arieli, 1998).

O valor nutricional do caroço do algodão está diretamente ligado à sua composição. Pesquisas recentes demonstraram que o caroço do algodão possui excelentes propriedades filmogênicas e termoplásticas. Rico em óleo e em proteínas, o caroço vem sendo, há um longo tempo, triturado para a produção de óleo comestível e tortas de algodão. Porém, em razão da presença de gossipol, um polifenol tóxico para os organismos monogástricos, as tortas são utilizadas, principalmente, para a alimentação de bovinos (Marquie et al., 2018).

A semente do algodão é colhida juntamente com a pluma ou línter, a separação das fibras se dá pelo processamento do algodão o processo denomina-se descaroçamento, que resulta em fibras finas e curtas ligadas ainda ao caroço, pode ou não ser destinado à moagem, com o processamento industrial, para a extração do óleo, gerando assim, subprodutos. O farelo de algodão é obtido quando são utilizados processos químicos (solventes) e físicos (prensagem) para a extração do óleo (Paim et al., 2010).

O caroço de algodão destaca-se por apresentar altas concentrações de óleo, proteína e fibra. O valor nutricional do farelo de algodão varia de acordo com a adição de maior ou menor teor de casca, por isso, diferentes teores de proteína bruta. O alto teor relativo de proteína bruta e o baixo custo do farelo de algodão o tornaram uma opção para a formulação de dietas para animais. As altas concentrações de ácidos graxos no caroço de algodão é importante para uso na nutrição de ruminantes, pois possibilitam aumentar a densidade energética das dietas sem reduzir o teor de fibras e proteínas, aumentando dessa forma a quantidade de ácidos graxos insaturados na dieta (Paim et al., 2010).

De fato, o algodão é uma fonte de proteína e energética de alta qualidade (Alford et al., 1996). No entanto, seus subprodutos possuem um fator antinutricional, o gossipol. O gossipol é um pigmento fenólico de coloração amarelada, produzido pelas glândulas de pigmento encontradas nas raízes, partes aéreas e sementes de algodão (Forman et al., 1991; Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008). Esta substância foi isolada pela primeira vez

em 1899, e seu nome foi concebido pela associação entre o nome científico do gênero do algodão (*Gossypium*) com a terminação “ol” oriunda de fenol. Há pelo menos outros quinze compostos fenólicos produzidos pelas glândulas de pigmento do algodão, mas estes compostos são de pouca importância toxicológica, pois estão presentes em concentrações muito menores do que a encontrada pelo gossipol (Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008).

O conteúdo de gossipol livre nas sementes íntegras de algodão é de cerca de 0,5%. O gossipol é tóxico para espécies não ruminantes e ruminantes, quando alimentados em concentrações elevadas (Zhang et al., 2007). A intoxicação natural por este pigmento tipicamente ocorre por meio da ingestão prolongada, uma vez que os níveis desta substância no algodão não são suficientemente altos para poder promover intoxicação aguda.

O caroço do algodão apresenta maior limitação para o uso em touros e bezerras, uma vez que o teor de gossipol livre é mais alto, quando comparado ao farelo ou às cascas. Quanto maior o teor de gossipol livre, maior a absorção pelo trato gastrointestinal, maior será a toxicidade (Moreira, 2008).

Segundo Paim apud Cruz (2001) o teor de gossipol pode variar com alguns fatores, como as condições ambientais nas quais o algodão é cultivado. Quanto maior a temperatura ambiente do local de cultivo, menor será o teor de gossipol, e quanto maior o índice pluviométrico, maior o teor de gossipol na planta. As variações no teor de gossipol nos subprodutos do algodão indica que seu uso deve ser feito de forma cautelosa.

2.4. Influência do caroço de algodão em ruminantes

O caroço é considerado subproduto pela indústria têxtil, mas utilizado na agroindústria por apresentar uma fonte de proteína para alimentação de ruminantes permitindo substituir alimentos pesados, volumosos, sem prejudicar a fermentação ruminal. A composição do óleo do caroço possui ácidos graxos, linoleico, linolênico, palmítico e esteárico. Muitas pesquisas apontam que o uso do caroço na dieta de ruminantes tem contribuído com aumento de peso e maior eficiência alimentar nesses animais, sem causar rejeição da qualidade das amostras na carne produzida para comercialização (Pesce, 2008).

É utilizado na dieta de ruminantes devido vantagens do caroço como: fonte de proteína verdadeira de baixa degradação no rúmen; alimento de alta densidade energética;

fonte de gordura insaturada naturalmente protegida; fonte de fibra efetiva (Moreira, 2008).

Ao comparar os valores nutricionais do caroço de algodão com outros alimentos comumente usados na alimentação de ruminantes observa-se que a concentração de proteína do caroço de algodão (20-25%) é intermediária entre o milho (8-9%) e farelo de soja (47-49% PB). Quanto à concentração de energia, o NDT do caroço de algodão (96,0%) é superior ao farelo de soja (81,5%) e do farelo de algodão (68,3%). Poucos alimentos conseguem reunir diferentes nutrientes em altas concentrações e possuir fibra de alta degradabilidade e valor efetivo como o caroço de algodão (Arieli, 1998).

Rogério et al. (2004) avaliaram o consumo de MS, MO, PB e EE de dietas com teores crescente de caroço de algodão para ovinos (0, 12, 24, 35 e 45%), observaram aumento na ingestão de PB e EE a partir da dieta com 24 e 35% de inclusão, respectivamente. Neste experimento o caroço de algodão foi oferecido em substituição ao feno de tifton 85, com isso a inclusão do caroço de algodão reduziu o teor de fibra das dietas, na avaliação da digestibilidade das frações de FDN, FDA, hemicelulose e celulose observou decréscimo linear dos coeficientes de digestibilidade, exceto para a hemicelulose.

Cunha et al. (2008) também avaliaram níveis de inclusão de caroço de algodão (0, 20, 30 e 40%) em substituição ao milho e soja em dietas para cordeiros e não observaram nenhum efeito prejudicial ao consumo de matéria seca, a digestibilidade da FDN melhorou, sem alterar as digestibilidades da MS e MO e o consumo de NDT, contudo houve redução no ganho de peso e na conversão alimentar dos animais.

Devido ao alto teor de fibra do caroço de algodão, Cunha et al. (2008) realizaram experimento sem a inclusão de volumoso para cordeiros. Os autores não verificaram diferença no ganho de peso dos animais e concluíram que o fornecimento exclusivo de caroço de algodão deve ser determinado pela análise de custos.

O caroço de algodão por ser um alimento rico em lipídeos ele não deve ser consumido à vontade, pois os altos níveis de lipídeos na dieta dos ruminantes podem provocar alterações em seu ambiente o que pode comprometer o desempenho do animal. Uma vez que a gordura está presente na amêndoa do algodão e, no caroço, a amêndoa está protegida pela casca, a liberação dos lipídeos no ambiente ruminal será mais lenta, de forma a diminuir os efeitos deletérios sobre os microrganismos ruminais. É por isso que vários trabalhos foram desenvolvidos com a finalidade de determinar qual a quantidade máxima de caroço de algodão que poderia ser utilizada na dieta de ruminantes

sem que houvesse o comprometimento da função ruminal (Moreira, 2008).

A fermentação ruminal dos carboidratos estruturais é reduzida pela adição de fontes lipídicas como a do caroço de algodão às dietas e o grau de redução depende das fontes de fibra e de lipídeos, enquanto a fermentação ruminal do amido não é influenciada. Geralmente ocorre um aumento no fluxo intestinal de proteína microbiana possivelmente devido à redução no número de protozoários ciliados, resultando em maior eficiência microbiana (Nagaraja et al. 1997).

Devendra e Lewis (1974) descreveram algumas hipóteses para explicar os efeitos da suplementação lipídica sobre a fermentação ruminal, dentre as quais pode-se citar o efeito antimicrobiano. Segundo Nagaraja et al. (1997), geralmente os ácidos graxos de cadeia longa são tóxicos para as bactérias Gram-positivas, cujo mecanismo pode envolver uma alteração na permeabilidade da membrana celular que reduz a capacidade da célula regular o pH intracelular e a captação de nutrientes, mas não afetam as bactérias Gram-negativas. O ácido oleico inibiu fortemente o crescimento das bactérias celulolíticas: *B. fibrisolvens*, *R. albus* e *R. flavefaciens*, enquanto o ácido esteárico não afetou o crescimento desses microrganismos. Também os ácidos graxos insaturados com 18 átomos de carbono foram potentes inibidores das bactérias metanogênicas.

Na utilização do caroço de algodão em dietas de ovinos um dos problemas que podem ser encontrados é a seleção dos ingredientes da dieta. Devido à habilidade de seleção do alimento pelos ovinos, esses animais podem não ingerir a dieta conforme foi balanceada e isto se refletir no desempenho. Para evitar esta seleção é importante o estudo do processamento do caroço de algodão na tentativa de conseguir uma mistura mais homogênea da dieta.

Os efeitos do gossipol são cumulativos, e podem surgir abruptamente após um período variável de ingestão (Soto-Blanco, 2008). Os ruminantes adultos apresentam menor sensibilidade, pois o rúmen detoxifica parte do gossipol por diluição e baixa absorção ou unindo-o às proteínas que contêm aminoácidos livres, impedindo seu metabolismo (NRC, 2001).

A ingestão de gossipol em quantidades superiores à capacidade de detoxificação ruminal permite a absorção de gossipol livre. Até recentemente considerava-se que os ruminantes poderiam inativar mais gossipol do que seriam capazes de consumir. No entanto, métodos modernos de extração do óleo têm aumentado a concentração deste composto fenólico nos resíduos (Gadelha et al., 2011).

Segundo Moreira (2008) o gossipol livre apresenta toxicidade estando relacionada

com dificuldade em transportar oxigênio pelo sangue, no entanto, quando ele se liga a aminoácidos livres ou ao ferro ocorre diminuição de sua toxicidade. O gossipol não será metabolizado pelos microrganismos do rúmen, mas o ambiente ruminal favorece a ligação do gossipol com aminoácidos, o que dificulta sua absorção o tornando tóxico prejudicando o funcionamento reprodutivo dos machos, levando à disfunção testicular.

Outra aplicação do caroço de algodão como fonte de fibras é sua utilização em dietas para vacas em lactação. A quantidade e qualidade das fibras que devem ser em quantidade mínima deve desempenhar a capacidade de maximizar o consumo de nutrientes; permitir boa mastigação; manter a fermentação ruminal dentro da normalidade; e promover qualidade da gordura no leite (Moreira, 2008).

A eficácia da FDN do línter do caroço de algodão é equivalente à efetividade do feno de alfafa. O caroço de algodão apresenta-se como uma alternativa viável para substituir tanto a parte do volumoso quanto do concentrado, em dietas de vacas lactentes. A proteína encontrada no caroço apresenta lenta degradabilidade, e o tempo de permanência no rúmen é maior. Esta característica trás vantagens na otimização da síntese de proteína microbiana, ou seja, em associação com fontes energéticas de lenta degradabilidade (casca de soja, milho moído, etc.) possibilitando a sincronização da liberação de amônia (degradação da proteína) e da cadeia de carbono (degradação da fibra), de forma mais homogênea ao decorrer do período (SCOT, 2010).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFORD, B.B.; LIEPA G.U.; VANBEBER, A.D. Cottonseed protein, what does the future hold. **Plant Foods Human Nutrition**, v.49, 1996. 1–11p.

ARIELI, A. Whole cottonseed in dairy cattle feeding: a review. **Animal Feed Science Technology**, v.72, 1998. 97-110p.

CHEEKE P.R. *Natural Toxicans in Feeds, Forages, and Poisonous Plants*. 2.ed. Interstate Publishers, Danville. 1998. 479p.

CONAB. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, quarto levantamento, janeiro 2013. Brasília, DF, 2013. 28 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_44_20_boletim_graos_janeiro_2013.pdf>. Acesso em: 21 jan de 2015.

CUNHA, M. G. C.; CARVALHO, F. F. R.; VÉRAS, A. S. C.; BATISTA, A.M.V. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.6, 2008. 1103-1111p.

DEVENDRA, C; LEWIS, D. Fat in the ruminant diet: a review. **Indian Journal Animal Science**. v.44, 1974. 917-938p.

FORMAN L., MATHEWS S. & KING C.C. New food, feed uses for glandless cottonseed. **Inform**. v.2, 1991.737-739p.

GADELHA, I. C. N.; RANGE, A. H. N e SOTO-BLANCO, A. R. S. Efeitos do gossypol na reprodução animal. **Acta Veterinária Brasília**, v.5, n.2, 2011.129-135p.

GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L.M. Use of chitosans to modulate ruminal fermentation of a 50:50 forage-to-concentrate diet in sheep. **Journal of Animal Science**, v.88, n 2, 2010a .749-755p.

GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L. M. Effect of chitosan on mixed

ruminal microorganism fermentation using the rumen simulation technique (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**, v. 152, 2009b. 92-102p.

GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L.M. Effect of chitosans on in vitro rumen digestion and fermentation of maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.148, 2009a. 276-287p.

GOIRI, I.; INDURAIN, G.; INSAUSTI, K.; SARRIES, V. ; GARCIA-RODRIGUEZ, A.G. A Ruminal biohydrogenation of unsaturated fatty acids in vitro as affected by chitosan. **Animal Feed Science and Technology**, v. 159, 2010b. 35-40p.

GOIRI, I.; OREGUI, L.M.; GARCIA-RODRIGUEZ, A. Dose–response effects of chitosans on in vitro rumen digestion and fermentation of mixtures differing in forage-to-concentrate ratios. **Animal Feed Science and Technology**, v. 151, 2009c. 215-227p.

KONG, M.; CHEN, X. G.; LIU, C. S.; YU, L. J.; JI, Q. X.; XUE, Y. P.; CHA, D. S.; PARK, H. J. Preparation and antibacterial activity of chitosan microspheres in a solid dispersing system. **Frontiers of Materials Science in China**, v.2, 2008.214–220p.

KUMAR, A. B. V.; VARADARAJ, M. C.; GOWDA, L. R.; HARANATHAN, R.N. Characterization of chito-oligosaccharides prepared by chitosanolytic with the aid of papain and Pronase, and their bactericidal action against *Bacillus cereus* and *Escherichia coli*. **The Biochemical Journal**, v. 391, 2005.167-175p.

LI, ZHI; ZHUANG, XU PIN; LIU, XIAO FEI; GUAN, YUN LIN; YAO, KANG DE. **Polymer**, v.43, 1992.1541–1547p.

LIFENG, Q.; XU, Z.; JIANG, X.;HU, C.; ZOU, X. Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles. **Carbohydrate research**, v. 339, 2004. 2693-2700p.

LUGINBUHL, J.M.; POORE, M.H.; CONRAD, A. P. Effect of level of whole cottonseed on intake, digestibility and performance of growing male goats fed hay-based diets. **Journal of Animal Science**, v.78, 2000. 1677-1683p.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. **Manipulation of ruminal fermentation**. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds). *The rumen microbial ecosystem*. Blackie Academic & professional, London.1997.523-

632p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. ed. National Academic Press. Washinton, D.C.: 2001. 381p.

NO, H. K.; PARK, N.Y.; LEE, S.H.; MEYERS, S. P. Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weight. **International Journal of Food Microbiology**, v. 74, 2002. 65-72p.

PIRES, A.V., EASTRIDGE, M.L., FIRKINS, J.L. Effects of heat treatment and physical processing of cottonseed on nutrient digestibility and production performance by lactating cows. **Journal Dairy Science**. v.80, n.8, 1997.1685-1694p.

ROGÉRIO, M. C. P.; TEIXEIRA, D. A. B.; RODRIGUES, N. M.; GONÇALVES, L.C. Efeito do nível de caroço de algodão sobre a digestibilidade da fibra dietética do feno de Tifton 85 (*Cynodon spp.*) em ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, n.5, 2004. 665-670p.

SENEL, S.; MCCLURE, S. J. Pontential applications of chitosan in veterinary medicine, **Advanced Drug Delivery Review**, v.56, 2004. 1467-1480p.

SILVA, H. S. R. C; SANTOS, K.S.C. R; FERREIRA, E.I. **Quitosana: derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços**. Química Nova, v.29, n° 4. 2006 776-785p.

SOTO-BLANCO B. **Gossipol e fatores anti-nutricionais da soja**. In: Spinoso H.S., Górnaiak S.L. & Palermo Neto J. (ed.) Toxicologia Aplicada à Veterinária. Manole, São Paulo, 2008. 531-545p.

WANG, G. H. Inhibition and inactivation of five species of foodborne pathogens by chitosan. **Journal of Food Protection**, v.55, 1992. 916-919p.

ZHANG, W.J.; XU Z.R.; PAN, X.L.; YAN, X.H.; WANG, Y. Advances in gossypol toxicity and processing effects of whole cottonseed in dairy cows feeding. **Livestock Science**, v.111, 2007. 1-9p.

1. OBJETIVOS

1.2 Objetivo geral

- Avaliar o efeito do caroço de algodão inteiro e moído associado com a quitosana em dietas para cordeiros mestiços da raça Santa Inês em confinamento.

1.3 Objetivos específicos

- Avaliar o consumo e a digestibilidade da MS, PB, FDN, EE, CNF e NDT;
- Avaliar o balanço de nitrogênio e síntese microbiana;
- Avaliar o ganho de peso, conversão e eficiência alimentar;
- Analisar as atividades de alimentação, ruminação e ócio, bem como as eficiências de alimentação e ruminação e a discretização das atividades comportamentais;
- Avaliar as características da carcaça (morfometria e cortes comerciais);
- Avaliar a qualidade da carne: características físico-químicas, centesimal e ácido graxos;
- Analisar os parâmetros bioquímicos do sangue;
- Avaliar por meio de análises histológicas, possíveis alterações histopatológicas no fígado, rim e rúmen.

CAPÍTULO 01

Caroço de algodão inteiro ou moído associado à quitosana em dietas para cordeiros: Desempenho produtivo, metabolismo nitrogenado e comportamento ingestivo

Caroço de algodão inteiro ou moído associado à quitosana em dietas para cordeiros: Desempenho produtivo, metabolismo nitrogenado e comportamento ingestivo

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da associação do caroço de algodão (moído ou inteiro) com quitosana sobre o desempenho produtivo, balanço de nitrogênio, síntese microbiana e comportamento ingestivo de cordeiros confinados. Oitenta cordeiros da raça Santa Inês, não castrados, com peso médio de $20,6 \pm 2,2$ kg, com 04 a 05 meses de idade foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2x2, com caroço de algodão inteiro ou moído e dois níveis de quitosana (0 e 136 mg/kg de PV). Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para o consumo de componentes nutricionais. A digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica foram maiores ($P>0,05$) nas dietas caroço de algodão inteiro. Já utilização de quitosana não influenciou ($P>0,05$) a digestibilidade. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) para o balanço de nitrogênio entre o uso do caroço de algodão e quitosana para o nitrogênio ingerido, em fezes e urina. Contudo, houve interação ($P>0,05$) entre o efeito do processamento e o uso da quitosana para a síntese de proteína microbiana. Não houve diferença ($P>0,05$) para o ganho médio diário, conversão alimentar e eficiência alimentar. As atividades de alimentação, ruminação e ócio, atividade mastigatória, número de bolos ruminados e as eficiências de alimentação e ruminação (g MS e FDN/hora) não foram influenciadas ($P>0,05$) pelo caroço de algodão moído ou inteiro e a adição ou não da quitosana. Pelos resultados observados, conclui-se que não há a necessidade de moer o caroço de algodão para uso em dietas para cordeiros. A quitosana não melhora o desempenho produtivo de cordeiros.

Palavras-chave: aditivo alimentar, D-glicosamina, gossipol, sub-produto, ovinos

Whole or milled cottonseed associated with chitosan in lamb diets: Productive performance, nitrogen metabolism and ingestive behavior

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the association of chitosan (ground or whole) with cottonseed on the productive performance, nitrogen balance, microbial synthesis and ingestive behavior of confined lambs. Eighty lambs of the Santa Inês breed, with an average weight of 20.6 ± 2.2 kg, with 04 to 05 months of age were distributed in a completely randomized design, in diets with factorial arrangement 2x2, with whole cottonseed or ground and two levels of chitosan (0 and 136 mg / kg of PV). No differences were observed ($P > 0.05$) for the consumption of nutritional components. The digestibility of dry matter and organic matter were higher ($P > 0.05$) in whole cotton seed diets. The use of chitosan did not influence ($P > 0.05$) the digestibility. No differences ($P > 0.05$) were observed for the nitrogen balance between the use of cotton seed and chitosan for ingested nitrogen in feces and urine. However, there was interaction ($P > 0.05$) between the effect of the processing and the use of chitosan for the synthesis of microbial protein. There was no difference ($P > 0.05$) for the average daily gain, feed conversion and feed efficiency. Feeding, rumination and leisure activity, masticatory activity, number of ruminant cakes and feeding and rumination efficiencies (g MS and NDF / hour) were not influenced ($P > 0.05$) by whole or whole cottonseed addition or not of chitosan. From the results observed, it is concluded that there is no need to grind cottonseed for use in lamb diets. Chitosan does not improve the productive performance of lambs.

Keywords: by-product, D-glucosamine, food additive, gossypol, sheep

1. INTRODUÇÃO

A quitosana é um biopolímero derivado da quitina, sendo encontrada principalmente como componente do exoesqueleto de crustáceos e insetos assim como nas paredes celulares de alguns fungos e bactérias (Senel e McClure, 2004). Dentro de suas características biológicas, sabe-se que tem atividade antibacteriana, fungicida e anti-colesterêmica (Dutta et al., 2004). Sua atividade antimicrobiana desperta o interesse dos pesquisadores na sua utilização como modulador da fermentação ruminal.

Fadel El-Seed et al. (2003) propôs a quitosana como uma possível fonte de nitrogênio para ruminantes. No entanto, observaram que este aditivo tem uma degradação muito baixa no rúmen, concluindo então, que a quitosana não podia ser utilizada como fonte de nutrientes, e sim como um protetor da degradação dos nutrientes no rúmen. Alguns trabalhos, em que foi avaliado o efeito da quitosana sobre a digestibilidade ruminal (Araujo et al. 2015, Henry et al., 2015, Dias et al., 2017) indicaram incrementos na digestibilidade da matéria seca, da fibra detergente neutro e da proteína bruta. Suas propriedades sobre a modificação ruminal foram demonstradas por Belanche et al. (2016) com culturas *in vitro*, observando diminuição na produção de metano e incrementada a produção de ácido propiônico. No entanto, estudos com ovinos (Gori et al., 2009) não observaram diferenças na digestibilidade dos nutrientes.

Por outro lado, o caroço de algodão é um ingrediente com altos teores de proteína de alta digestibilidade, de energia e fibra e, quando incluído nas dietas, tem sido observado que há o aumento do consumo de energia líquida ingerida e a digestibilidade do estrato etéreo da dieta (Cunha et al., 2008). Com a utilização de caroço de algodão inteiro, tem-se observado aumento no ganho de peso e na conversão alimentar (Geron et al., 2012).

Harvatine et al. (2002), observaram que a utilização de caroço de algodão tem aproximadamente 84% de efetividade de estimular a mastigação e a ruminação e que a inclusão de 15% deste alimento alternativo, na matéria seca (MS), tem o potencial de manter a atividade de mastigação e ruminação em dietas com baixa fibra em detergente neutro (FDN) de forragem.

O uso do caroço de algodão moído em associação com a quitosana poderá aumentar o desempenho produtivo de cordeiros, assim como a síntese de proteína microbiana, sem alterar a relação de proteína:energia da dieta no momento da ingestão e

o comportamento ingestivo destes animais.

Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito da associação do caroço de algodão e da quitosana sobre o desempenho produtivo, balanço de nitrogênio, síntese microbiana e comportamento ingestivo de cordeiros confinados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, animais e instalações

Esta pesquisa foi conduzida em conformidade com a legislação brasileira sobre a pesquisa com o uso de animais e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, número de protocolo 16/2016.

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, pertencente à Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da UFBA.

Foram utilizados 80 cordeiros não castrados da raça Santa Inês, com peso médio de $22,6 \pm 2,2$ kg de PC, idade de 04 a 05 meses, devidamente vermifugados, vacinados (raiva e clostridiose), suplementados (complexo vitamínico ADE) e, posteriormente, identificados. Foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), num experimento fatorial 2x2, sendo dois níveis de quitosana e duas formas de caroço de algodão. Os animais foram alojados em baias individuais, cobertas, com piso ripado e suspenso, com área/baia de 1 m^2 , equipadas com bebedouros e cochos de alimentação, de modo que houve acesso irrestrito à água e às dietas durante todo o período experimental.

Os animais foram mantidos em regime de confinamento durante 90 dias, precedidos de 15 dias destinados à adaptação às instalações, às dietas e ao manejo diário. Nessa fase, receberam volumoso de feno de Tifton-85 *ad libitum*, e proporções crescentes das rações experimentais. Após esse período, os animais foram submetidos à fase experimental, composta por três períodos consecutivos de 30 dias, para a coleta de amostras e dados para a avaliação do consumo, digestibilidade dos nutrientes, desempenho produtivo, balanço de nitrogênio e comportamento ingestivo.

2.2 Dieta experimental e manejo

Utilizou-se uma dieta experimental padrão com 15% de caroço de algodão (%MS), formuladas para serem isonitrogenadas (15% de PB), (Tabela 1) segundo as

recomendações do National Research Council (NRC, 2007), de modo a atender às exigências nutricionais para cordeiros com ganhos de peso estimados de 200g/dia. As dietas experimentais foram assim compostas: 1) Dieta apenas com caroço de algodão inteiro (CAI); 2) Dieta com inclusão de 136mg de quitosana/kg de peso corporal e CAI; 3) Dieta apenas com caroço de algodão moído (CAM); 4), Dieta com inclusão de 136 mg de quitosana/kg de peso corporal e CAM. A quitosana utilizada continha 86,3% de desacetilação, uma densidade aparente de 0,33mg/mL e um pH de 7,9 (Polymar®). As dietas ofertadas diariamente foram pesadas em balança digital e o fornecimento era ajustado de forma que as sobras representassem aproximadamente 10% da quantidade de matéria seca fornecida. Durante todo período experimental, foram coletadas, semanalmente, amostras dos ingredientes e das dietas, as quais foram quarteadas, e, posteriormente, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer a -20°C, para posterior análise bromatológica.

Tabela 1. Composição percentual e bromatológica da dieta experimental padrão utilizada no confinamento dos cordeiros

Ingredientes (%MS)	Dieta
Feno de Tifton	50,00
Milho moído	18,40
Farelo de soja	14,50
Caroço de algodão	15,00
Ureia	0,60
Mineral ¹	1,50
Nutrientes	
Matéria seca (% MN)	86,45
Matéria orgânica (% MS)	95,11
Matéria mineral (% MS)	4,89
Proteína bruta (%MS)	17,18
Extrato etéreo (% MS)	4,61
Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (%MS)	41,74
Fibra em detergente ácido (% MS)	20,85
Hemicelulose (% MS)	20,90
Celulose (% MS)	17,88
Lignina (% MS)	2,97
Carboidratos totais (% MS)	72,89
Carboidratos não fibrosos (% MS)	31,15
Nutrientes digestíveis totais (% MS)	73,25

¹Níveis de garantia (por kg de produto): cálcio 120,00 g; fósforo 87,00 g; sódio 147,00 g; enxofre 18,00 g;

cobre 590,00 mg; cobalto 40,00 mg; cromo 20,00mg;ferro 1.800,00 mg; iodo 80,00 mg; manganês 1.300,00 mg; selênio, 15,00 mg; zinco 3.800,00 mg; molibdênio 300,00 mg; flúor máximo 870,00 mg; Solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% mínimo - 95%.

Os cordeiros foram alimentados duas vezes ao dia, às 09h00min e às 16h00min horas, na forma de mistura completa, relação volumoso: concentrado de 50:50. O feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp*) foi moído em partículas de aproximadamente 5cm. O concentrado foi constituído de grão de milho moído, farelo de soja, ureia, suplemento mineral específico para ovinos e caroço de algodão (inteiro ou moído).

2.3 Composição química, consumo e digestibilidade

O ensaio de digestibilidade ocorreu entre o 30° e 37° e entre o 60° e 67° dias do período experimental. Assim, os três primeiros dias foram destinados à adaptação dos cordeiros às bolsas coletoras seguido de cinco dias subsequentes de coleta total de fezes. Entre o 33° e 37° e 60° e 67° dias do confinamento, foi realizada a coleta de fezes diretamente das bolsas coletoras, em 40 animais, sendo 10 animais de cada tratamento, duas vezes ao dia (08:00 e 15:00 horas). Em seguida, foi registrada a produção total de fezes de cada animal sendo retiradas alíquotas de aproximadamente 10% do total coletado, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos individuais identificados e armazenadas em freezer a 0°C. Durante o ensaio de digestibilidade, as amostras dos alimentos fornecidos e sobras foram coletadas diariamente. Para análise do fornecido, foram coletadas, semanalmente, amostras de ingredientes e sobras.

Após o descongelamento, amostras do volumoso, dos concentrados, das sobras, ingredientes e das fezes foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, durante 72 horas. Em seguida, trituradas em moinhos de faca tipo Willey com peneira de 1mm, armazenadas em frascos plásticos com tampa e etiquetados, prontas para as análises laboratoriais.

Dessa forma, conforme metodologia descrita na AOAC (1990) foi realizada as determinações dos teores de matéria seca (método 967.03), matéria mineral (método 942.05), proteína bruta (método 981.10), e extrato etéreo (método 920.29), de todas as amostras de alimentos e sobras. As análises de fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com Van Soest et al. (1991), e foram corrigidas para cinzas, conforme Mertens (1997), e proteína, de acordo com Licitra et al. (1996) (FDNcp). Para a determinação da fibra em detergente ácido, utilizou-se a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991).

Os teores de carboidratos totais (CHT) foram estimados segundo Sniffen et al. (1992), em que $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. Os carboidratos não-fibrosos (CNF) dos ingredientes foram calculados de acordo com Mertens (1997), considerando no cálculo, o valor de FND corrigido para cinzas e proteína.

Os teores de CNF em amostras de alimentos, sobras e fezes foram estimados por meio da equação proposta por Hall (2003), sendo:

$$CNF_{CP} = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM + FDN_{cp})$$

Em que: CNF = teor estimado de CNF (%MS); PB = teor de PB (%MS); EE = teor de EE (extrato etéreo) (%MS); MM = teor de MM (%MS); FDN_{cp} = teor de FDN corrigido para cinzas e proteína (%MS).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado através da fórmula proposta por Weiss et al. (1999): $NDT = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDND$, sendo PBD, EED, CNFD e FDND as frações digestíveis da proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos não-fibrosos e fibra em detergente neutro, respectivamente.

Os consumos em kg/animal/dia de MS, FDN, PB, EE, CHT e CNF foram calculados por meio das seguintes equações: consumo (C) (g/animal/dia) = quantidade de MS, FDN, PB, EE, CHT e CNF oferecida – quantidade de MS, FDN, PB, EE, CHT e CNF nas sobras. O cálculo do consumo em percentual de peso corporal (%do PC) foi avaliado utilizando-se a equação: $C(\% \text{ do PC}) = \text{quantidade de MS, FDN, PB, EE, CHT e CNF (Kg) consumidos} \times 100 / PC \text{ (Kg)}$. Além disso, foram estimados os consumos de peso metabólico da MS e FDN_{cp} através da seguinte equação: $C \text{ (g/kg}^{0,75}) = \text{quantidade de MS, FDN}_{cp} \text{ (Kg) consumidos} \times 100 / PC^{0,75}$, sendo que os consumos dos nutrientes calculados com base na MS.

O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado pela equação $CNDT = (CPB - PB_f) + 2,25 (CEE - EE_f) + (CHT - CHT_f)$, em que CPB, CEE e CHT que significam, respectivamente, consumo de PB, EE e CHOT, enquanto PB_f, EE_f e CHT_f referem-se às excreções de PB, EE e CHT nas fezes.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não-fibrosos e nutrientes digestíveis totais foram mensurados por meio da relação do que foi consumido de cada nutriente e sua respectiva excreção fecal, a partir da seguinte equação:

$$CD = [(\text{kg da fração ingerida} - \text{kg da fração excretada}) / (\text{kg da fração ingerida})] \times 100$$

2.4 Excreção urinária e síntese proteína microbiana

Ao 18°, 20° e 22° dia do terceiro período experimental, foram coletadas amostras de urina dos animais, cerca de quatro horas após o fornecimento matinal da alimentação. Por meio de micção espontânea, a urina foi coletada com auxílio de copos plásticos, e, ao final de cada coleta, as amostras foram filtradas em gaze, retirando-se uma alíquota de 10 mL de urina. Posteriormente, as amostras foram diluídas em 40 mL de solução de ácido sulfúrico a 0,036N (Valadares et al., 1999). Em seguida, foram acondicionadas em frascos plásticos identificados e armazenadas a -20°C , destinadas à quantificação das concentrações urinárias de creatinina.

A excreção diária de creatinina (mg/kg de PC) foi determinada pela multiplicação da concentração de creatinina pelo peso corporal médio de cada cordeiro, dividido pela concentração de creatinina (mg/L), como demonstrado a seguir:

$$\text{EDC} = \text{CCT (mg/L)} \times \text{VU (L)} / \text{PC (kg)}$$

Onde: EDC = excreção diária de creatinina (mg/L) (coleta total); VU = o volume urinário; PC = peso corporal do animal (kg).

Foi considerado que cada animal excreta 17,05 mg de creatinina por kg de peso corporal e, a partir da concentração de creatinina, na amostra spot na urina, foi calculado o volume diário excretado como demonstrado a seguir:

$$\text{VU (L)} = \text{EDC} / \text{CC}_{\text{spot}}$$

As amostras de urina foram destinadas à quantificação das concentrações urinárias de ureia, creatinina, nitrogênio total, alantoina, ácido úrico, xantina e hipoxantina. As concentrações de creatinina e ácido úrico na urina e ureia na urina foram determinadas utilizando-se kits comerciais (Bioclin) ®. As análises de alantoina na urina foram feitas pelo método colorimétrico, descrito por Chen e Gomes (1992). A conversão dos valores de ureia em nitrogênio ureico foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,4667.

A excreção total de derivados de purina foi calculada pela soma das quantidades de alantoina, ácido úrico, xantina e hipoxantina presentes na urina, expressas em 58mmol/dia. As purinas absorvidas (X, mmol/ dia) foram estimadas a partir da excreção de derivados de purinas (Y, mmol/ dia), por intermédio da equação proposta por Chen e

Gomes (1992), para ovinos: $Y = 0,84X + (0,150 PV0,75e-0,25X)$, em que, 0,84 e a eficiência de absorção de purinas exógenas, 0,150 PV0,75 referem-se à excreção endógena de derivados de purinas, e $e-0,25X$ a taxa de substituição da síntese de novo por purinas endógenas.

A avaliação do teor de nitrogênio nas amostras do material consumido, das fezes e da urina foi realizada segundo metodologia descrita pela AOAC (1990). A retenção de nitrogênio (N-retido, g/dia) será realizada por meio da seguinte fórmula:

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

A síntese ruminal de proteína microbiana (g NMic/ dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X, mmol/ dia), utilizando-se a equação descrita por Chen e Gomes (1992): $\text{NMic} = 70x / (0,83 \times 0,116 \times 1000)$ em que 70 é o conteúdo de N de purinas (mg N/ mmol), 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116 e a relação N purina:N total nas bactérias.

2.5 Desempenho produtivo

O desempenho dos cordeiros foi calculado por meio das pesagens individuais dos animais, as quais foram realizadas no início do experimento e a cada 24 dias para a obtenção do ganho médio diário (GMD). As pesagens foram realizadas sempre pela manhã, após o período de jejum de sólidos de aproximadamente 16 horas. Para o cálculo do GMD os cordeiros foram pesados antes do jejum de alimento sólido de 16 horas para a obtenção do peso corporal final ou peso pré-abate (PPA). O cálculo do GMD foi obtido pela fórmula:

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

De posse do consumo diário total de matéria seca (CMS total) e do ganho médio diário (GMD), foi possível calcular a conversão alimentar (CA) dos animais, bem como o seu inverso, a eficiência alimentar (EA), por meio das fórmulas que seguem:

$$\text{CA} = \text{CMS total} / \text{GMD} \text{ e } \text{EA} = \text{GMD} / \text{CMS total}$$

Onde: CA = conversão alimentar, em kg MS ingerida/kg ganho; CMS total = consumo diário total de matéria seca; GMD = ganho médio diário, em $\text{kg} \cdot \text{dia}^{-1}$; EA = eficiência alimentar, em kg de ganho por kg de matéria seca ingerida.

2.6 Comportamento ingestivo

Na avaliação do comportamento ingestivo, os animais foram submetidos a dois períodos de 24 horas para observação visual (Fischer et al., 1998), realizadas no 30° e 70° dia do período experimental, sendo observados o tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio. De acordo com Eustáquio Filho et al. (2014), o aumento no número de repetições das análises comportamentais diminuem o risco de super ou subestimação dos eventos (alimentação, ruminação e ócio), devido à possibilidade de oscilações comportamentais as quais os animais estão propensos, por diversos fatores, durante período de coleta.

A observação visual dos animais foi realizada a cada cinco minutos por quatro observadores treinados, em sistema de revezamento, posicionados estrategicamente, de forma a não incomodar os animais, totalizando 288 observações por dia de coleta. Durante a observação noturna, o ambiente foi mantido com iluminação artificial.

Para obtenção das médias das mastigações merícicas e do tempo, foram feitas as observações de três bolos ruminais em três períodos diferentes do dia (10-12, 14-16 e 18-20 h), conforme método descrito por Burger et al. (2000), determinando-se o número de mastigações merícicas por bolo e o tempo gasto para ruminação de cada bolo.

Para os cálculos das variáveis comportamentais, alimentação e ruminação (min.kg^{-1} de MS e FDNcp), eficiência alimentar ($\text{g MS e FDN hora}^{-1}$), eficiência em ruminação ($\text{g MS e FDN/ bolo e g MS e FDN/ hora}$) e consumo médio de MS e FDN por período de alimentação, considerou-se o consumo voluntário de MS e FDN do 25° dia de cada período, sendo as sobras computadas do 26° dia de cada período.

O número de bolos ruminados diariamente foi obtido da seguinte forma: tempo total de ruminação obtido em cada intervalo (min.), dividido pelo tempo médio gasto na ruminação de um bolo. A concentração de MS e FDNcp em cada bolo (g) ruminado foi obtida a partir da divisão da quantidade de MS e FDNcp consumida (g/dia) em 24 horas pelo número de bolos ruminados diariamente.

A eficiência de alimentação, ruminação e o tempo de mastigação total foram obtidos da seguinte forma:

$$\text{EALMS} = \text{CMS/TAL}$$

$$\text{EALFDN} = \text{CFDN/TAL}$$

Em que: EALMS ($\text{g MS consumida hora}^{-1}$); EALFDN ($\text{g FDN consumida hora}^{-1}$) =

eficiência de alimentação; CMS (g) = consumo diário de matéria seca; CFDN (g) = consumo diário de FDN; TAL = tempo gasto diariamente em alimentação.

$$ERUMS = CMS/TRU$$

$$ERUFDN = CFDN/TRU$$

Em que: ERUMS (g MS ruminada hora⁻¹); ERUFDN (g FDN ruminada hora⁻¹) = eficiência de ruminação e TRU (hora dia⁻¹) = tempo de ruminação.

$$TMT = TAL + TRU$$

Em que: TMT (min dia⁻¹) = tempo de mastigação total.

Os cálculos acima foram realizados conforme Bürger et al. (2000). O número de períodos de alimentação, ruminação e ócio foram contabilizados pelo número das sequenciais de atividades observadas na planilha de anotações. A duração média diária desses períodos de atividades foi calculada dividindo-se a duração total de cada atividade (alimentação, ruminação e ócio em min. dia⁻¹) em cada intervalo entre as observações (5 minutos) pelo seu respectivo número de períodos discretos.

2.7 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância em um delineamento inteiramente causalizado com quatro tratamentos. Para testar o efeito dos tratamentos, os dados foram analisados pela função PROC MIXED do programa SAS (versão 9.1). Adotou-se um modelo fatorial 2x2 (efeito das formas de inclusão de caroço de algodão de acordo com o processamento; e as dietas com e sem inclusão de quitosana como aditivo). Foram testados os efeitos da inclusão do processamento, inclusão da quitosana e da interação entre ambos. As médias dos tratamentos foram obtidas por meio do LSMEANS do pacote estatístico SAS 9.1. Adotou-se um nível de significância de 5% para todas as variáveis. O seguinte modelo foi utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + s_i + T_{ej} + s_i \times T_{ej} + e_{ijk}$$

μ = média; s_i = Efeito fixo do caroço de algodão; T_{ej} = Efeito aleatório da quitosana;

$s_i \times T_{ej}$ = Efeito da interação entre o caroço de algodão e quitosana; e_{ijk} = Erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas para o consumo dos nutrientes,

assim como o observado por Cunha et al. (2008). Em relação à adição de quitosana sobre efeito no consumo, Garcia-Rodriguez et al. (2015) observaram diminuição no consumo de MS explicando que, provavelmente, era devido às mudanças na fermentação ruminal. No entanto, Paiva et al. (2016) não observaram diferenças significativas sobre o CMS. Neste experimento, nem o uso de caroço de algodão nem de quitosana afetaram o consumo de MS. Estudos com caroço de algodão têm observado diminuição no consumo de MS quando adicionado na dieta, sendo relacionado com o maior teor de lipídios que presente em sua composição (Bassi et al., 2012).

Verificou-se maior digestibilidade da MS e MO nas dietas com caroço de algodão inteiro. Esses resultados possivelmente estão relacionados com o extrato etéreo do caroço, liberado de maneira mais efetiva nas dietas com este ingrediente moído, o que pode ter prejudicado a fermentação ruminal. Tais premissas podem ser confirmadas pela observância do efeito de interação ($P < 0,05$) verificado para a digestibilidade da FDNcp, em que a adição da quitosana associada ao caroço de algodão inteiro aumentou a digestibilidade da fibra. Destaca-se também a maior digestibilidade da PB ($P < 0,05$) observada para as dietas com quitosana. O efeito positivo, da quitosana sobre a microbiota ruminal pode ter contribuído para este resultado (Tabela 2).

Mudanças na digestibilidade dos nutrientes com a adição de caroço de algodão podem estar relacionadas ao conteúdo de gordura que apresente o caroço. A liberação da gordura no caroço inteiro ocorre de forma gradual, permitindo aos micro-organismos hidrogenar os ácidos graxos insaturados (AGI), diminuindo assim, o efeito inibidor da gordura sobre a digestibilidade dos nutrientes (Geron et al., 2012). O caroço de algodão apresenta um bom conteúdo de proteína, da qual 38,3% é solúvel (Ruy et al., 1996). Portanto, a adição de caroço de algodão nas dietas para ruminantes melhora a digestibilidade de PB das dietas (Grainer et al., 2008).

Estudos com utilização de quitosana com bovinos (Del Valle et al., 2017, Paiva et al., 2016), tem observado efeitos positivos sobre a digestibilidade dos nutrientes, atribuindo o efeito às alterações na fermentação ruminal. No entanto, Gori et al. (2009) em estudo com ovinos, não observou diferenças na digestibilidade dos nutrientes, observando apenas diminuição na digestibilidade do FDN, sugerindo um efeito sobre as bactérias celulolíticas. Neste experimento, não foi observado este efeito sobre a porção fibrosa, devido provavelmente, pela quantidade de quitosana incluída neste experimento

ou pela forma que foi ofertada. No entanto, é possível observar que teve efeito positivo sobre a digestibilidade aparente do extrato etéreo (EE).

Tabela 2. Consumo e digestibilidade dos componentes nutricionais em cordeiros mestiços Santa Inês submetidos a dietas com caroço de algodão e quitosana

Item	Caroço de Algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
Consumo em kg/dia								
MS	1,09	1,11	1,09	1,12	0,020	0,94	0,14	0,73
MO	1,07	1,08	1,04	1,11	0,070	0,76	0,16	0,85
PB	0,18	0,19	0,18	0,19	0,003	0,49	0,71	0,54
EE	0,06	0,06	0,06	0,06	0,007	0,38	0,56	0,25
FDN _n	0,41	0,40	0,39	0,41	0,007	0,46	0,21	0,98
CNF	0,32	0,33	0,32	0,33	0,005	0,45	0,42	0,19
NDT	0,63	0,55	0,57	0,61	0,022	0,39	0,16	0,24
Consumo em g/kg PC ^{0,75}								
MS	82,88	81,48	83,92	82,27	0,914	0,41	0,62	0,95
Consumo em g/kg de PC								
MS	3,51	3,47	3,60	3,41	0,044	0,20	0,99	0,40
FDN	1,32	1,25	1,32	1,27	0,020	0,10	0,73	0,81
Digestibilidade (%)								
MS	69,3	63,2	65,0	67,5	1,649	0,01	0,22	0,13
MO	71,7	66,9	67,8	70,8	0,986	0,01	0,10	0,28
PB	76,0	76,1	73,1	79,0	0,888	0,06	0,15	0,27
EE	86,1	86,1	84,3	87,9	0,799	0,99	0,03	0,14
FDN _n	46,1	35,9	39,0	41,2	0,903	0,43	0,56	0,01
CNF	84,5	81,1	81,6	84,0	0,954	0,07	0,20	0,29
NDT	83,0	75,9	86,5	74,9	1,258	0,06	0,32	0,13
Desdobramento da Interação								
Caroço de algodão		Quitosana						
		0		0,136				
Digestibilidade FDN _n (%)								
Inteiro		46,8 ^{Bb}		52,3 ^{Aa}				
Moído		52,7 ^{Aa}		49,1 ^{Bb}				
EPM		1,68		1,67				

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. MS = Matéria seca; MO = Matéria orgânica; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN_n = Fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; CNF = Carboidrato não fibroso; NDT = Nutrientes digestíveis totais; GMD = Ganho médio diário; EA = Eficiência alimentar; CA = Conversão alimentar; EPM = Erro padrão da média;

Não foram observadas diferenças significativas (P>0,05) para o balanço de nitrogênio entre o uso do caroço de algodão e quitosana para o nitrogênio ingerido, em fezes e urina (Tabela 3). Foi observado balanço positivo de nitrogênio (N-retido g/d) para todas as dietas, observando-se efeito do processamento do caroço de algodão e da

quitosana. Balanços positivos são indicativos de uma boa relação entre a quantidade de proteína e energia na dieta (Matoso et al., 2016). A digestibilidade da proteína do caroço de algodão junto com a utilização de quitosana pode ter colaborado na maior retenção de nitrogênio (N). Paiva et al. (2016) sugerem que a quitosana pode melhorar a utilização de nitrogênio pela redução da de-aminação, permitindo maior quantidade de aminoácidos alcançar o duodeno para ser absorvidos, explicando assim, as melhoras na retenção de N nas dietas com quitosana. Outra possível causa deste efeito é explicada por Del Valle et al. (2017), quando especulam que a quitosana pode ter efeito sobre as membranas da mucosa intestinal, o que permite maior permeabilidade e aumenta a digestibilidade.

Tabela 3. Balanço de nitrogênio e síntese microbiana em cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²			
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ	
Nitrogênio g/dia									
N-ingeri.	30,8	28,8	28,5	31,1	0,74	0,17	0,06	0,08	
N-fezes	7,1	7,6	7,6	7,1	0,29	0,36	0,40	0,61	
N-urina	1,0	1,1	1,0	1,1	0,12	0,56	0,82	0,71	
N-retido	22,4	20,0	19,9	22,5	0,65	0,06	0,03	0,13	
Síntese microbiana									
gPBmic/dia	92,2	59,2	67,0	84,4	3,76	0,0001	0,0001	0,0001	
gPBmic/kgNDT	145,2	106,7	116,1	135,8	3,70	0,0001	0,040	0,008	
Desdobramento das interações									
Caroço de algodão			Quitosana						
			0						0,136
			Síntese microbiana (gPBmic/dia)						
Inteiro			74,85 ^{Ab}						109,4 ^{Aa}
Moído			59,1 ^{Ba}						59,2 ^{Ba}
EPM			3,79						3,79
			Síntese microbiana (gPBmic/kgNDT)						
Inteiro			118,2 ^{Ab}						144,6 ^{Aa}
Moído			106,6 ^{Ba}						103,2 ^{Bb}
EPM			5,3						5,2

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média. N-ingeri = Nitrogênio ingerido; N-fezes = Nitrogênio excretado nas fezes; N-urina = Nitrogênio excretado na urina; N-retido = Nitrogênio retido; gPBmic/dia = gramas de proteína bruta microbiana por dia; gPBmic/kgNDT = gramas de proteína bruta microbiana por quilo de nutrientes digestíveis totais.

Foram observadas diferenças (P>0,05) na síntese de proteína microbiana

(gPBmic/dia). A maior síntese de proteína microbiana foi observada no tratamento de CAI com quitosana (Tabela 3). De acordo com o NRC (2001), a síntese de proteína microbiana depende da disponibilidade de carboidratos e proteínas no rúmen. O crescimento microbiano é aumentado quando há um melhor balanço de carboidratos e compostos nitrogenados disponíveis ao mesmo tempo. Assim, neste experimento, é possível afirmar que os aportes de nitrogênio e energia estiveram balanceados, permitindo assim, o desenvolvimento da microbiota ruminal.

O caroço de algodão contém grande quantidade de lipídeos, os quais podem limitar a fermentação ruminal, em parte, por impedir a ação das bactérias sobre a fibra e, por outro lado, pela ação tóxica que tem sobre os micro-organismos ruminais (Bassi et al., 2012). Neste experimento, podemos observar que o processamento de moagem do caroço de algodão ocasionou maior liberação de lipídeos, tendo assim, efeito negativo sobre a produção de proteína microbiana, quando comparada com os tratamentos com CAI.

É conhecido que a quitosana tem efeito antimicrobiano no rúmen. No entanto, Del Valle et al. (2017) em bovinos de leite, não observaram efeitos significativos da quitosana sobre a síntese de proteína microbiana. Wencelová et al. (2014) em seu estudo *in vitro* observaram que a quitosana tem efeito principalmente, sobre as células celulolíticas do rúmen, evidenciando o seu efeito em dietas com altas concentrações de forragem. No entanto, em dietas ricas em amido, também tem efeito negativo sobre microrganismos ciliados. Neste experimento, o uso dos componentes (caroço de algodão e quitosana) surtiram efeito sobre os micro-organismos e sobre a produção microbiana. Quando o caroço de algodão é moído, este efeito se observa maximizado pela maior liberação de lipídios.

No desempenho dos animais (Tabela 4), não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) para o ganho médio diário (GMD), a conversão alimentar (CA) e a eficiência alimentar (EA). O GMD foi similar entre os tratamentos, devido ao consumo de MS, o qual foi muito próximo um do outro.

Poucos estudos existem em relação à utilização de quitosana em cordeiros. A maioria dos trabalhos tem sido desenvolvida com bovinos leiteiros (Del Valle et al., 2017; Paiva et al., 2016), nos quais não se tem observado efeito sobre a produção de leite. Este mesmo efeito tem sido observado em experimentos com ovinos de leite (Garcia-

Rodriguez et al., 2015).

Bassiet al. (2012) observaram que, em bovinos leiteiros, a utilização de caroço de algodão pode ser afetada pelo efeito que este tem sobre o consumo de MS. Assim com, na EA não observaram diferenças quando utilizado o caroço de algodão. Por outro lado, Cunha et al. (2008), em ovinos Santa Inês alimentados com CA, observaram menores GMD que os observados neste experimento, mas este efeito pode ser devido aos demais ingredientes da dieta, os quais podem ter a sua digestibilidade mais afetada pelo nível de lipídeos que o CAI apresenta.

Tabela 4. Média dos valores do desempenho (ganho médio diário (GMD), eficiência alimentar (EA) e conversão alimentar (CA)) de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de Algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Quit.	PxQ
GMD	0,195	0,190	0,190	0,190	0,003	0,41	0,62	0,63
EA	0,175	0,175	0,180	0,180	0,004	0,51	0,63	0,99
CA	5,665	5,655	5,655	5,795	0,101	0,74	0,72	0,31

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média. GMD = Ganho médio diário; EA = Eficiência alimentar; CA= Conversão alimentar.

As atividades de alimentação, ruminação e ócio não foram influenciadas (P>0,05) pelo caroço de algodão moído ou inteiro e a adição ou não da quitosana (Tabela 5).

A igualdade das dietas e, conseqüentemente, na constituição da fração fibrosa e tamanho de partícula, pode ter acarretado trânsito normal da fibra no trato digestório dos animais impedindo a repleção rumino reticular, explicando os resultados obtidos para as atividades de alimentação e ruminação.

Não houve efeito sobre a atividade mastigatória dos animais, em função das dietas de cordeiros Santa Inês, alimentados com caroço de algodão (moído e inteiro) com e sem adição de quitosana. Isso provavelmente ocorreu, visto que não houve um aumento da concentração de constituintes da parede celular nas dietas suficiente para elevar o tempo de mastigação total dos animais.

Tabela 5. Consumos de matéria seca (CMS) e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), atividades de alimentação, ruminação e mastigação e ócio de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Quit.	PXQ
Alimentação								
Min/dia	264,0	257,8	256,4	265,4	4,89	0,43	0,29	0,28
Min/kg MS	244,7	229,8	241,3	233,2	6,03	0,22	0,51	0,27
Min/kg FDNcp	643,1	650,1	641,1	652,2	14,88	0,82	0,72	0,58
Ruminação								
Min/dia	520,9	547,6	529,8	538,8	6,35	0,036	0,48	0,94
Min/kg MS	474,6	499,8	489,1	485,4	9,91	0,21	0,85	0,66
Min/kg FDNcp	1301,0	1346,6	1347,2	1300,6	22,1	0,31	0,30	0,94
Mastigação								
Nº/bolo	66,32	64,54	66,15	64,72	1,47	0,55	0,63	0,80
Seg/bolo	43,13	43,33	43,49	42,97	0,969	0,92	0,79	0,49
Nº/dia	47464	48140	47735	47870	881,4	0,71	0,94	0,57
H/dia	12,85	13,65	13,36	13,58	0,136	0,06	0,40	0,28
Min/kg MS	719,4	737,1	730,4	726,1	14,23	0,54	0,88	0,92
Min/kg FDNcp	1944,0	1980,8	1961,1	1963,4	35,6	0,60	0,99	0,61
Ócio								
Min/dia	653,5	623,0	645,1	631,4	8,128	0,06	0,39	0,28

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média. Min/dia = Minutos por dia; Min/kg MS = Minutos por quilo de matéria seca; Min/kg FDNcp = Minutos por quilo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; Nº/bolo = Número de mastigações por bolo ruminal; Seg/bolo = Tempo de mastigações em segundos por bolo ruminal; Nº/dia = Número de mastigações por dia.

O tempo médio gasto com ruminação foi de 516 a 551,7 minutos/dia, estes valores estão na faixa de 8 a 9 horas consideradas como sendo comuns para a atividade de ruminação (Alves et al., 2010). O tempo médio despendido com a atividade de alimentação não variou entre as dietas, sendo encontrados valores entre 254,9 e 273,1 minutos/dia. Segundo Van Soest (1994), animais confinados gastam até seis horas (360 minutos) consumindo alimentos com baixo teor de energia e alto em fibra.

O número de bolos ruminados também não diferiu (P>0,05) em função do processamento do caroço de algodão e da adição ou não de quitosana. O número de bolos depende do tempo de ruminação e do tempo gasto para ruminar cada bolo, e o fato de não ter ocorrido variação nesses tempos explica a igualdade das dietas.

A ruminação corresponde à soma dos processos de regurgitação, mastigação, salivagem e deglutição dos alimentos. Os atos de remastigação e salivagem levam

aproximadamente 50 a 60 segundos e, no momento desses processos, ocorre à mastigação merícica, que compreende a mastigação do bolo ruminal desempenhada durante a ruminação (Pereyra & Leiras, 1991). Neste estudo, os segundos gastos com as mastigações merícicas, entre 42 e 44 segundos, foram inferiores aos encontrados por esses autores (Tabela 6), provavelmente, devido às dietas apresentarem teores fibrosos e de partículas pequenas semelhantes.

A mastigação total é a soma da mastigação merícica e da mastigação realizada durante a alimentação, com 50 a 70 movimentos por minuto, dependendo do tipo do alimento. O tempo gasto em horas por dia com mastigação total foi semelhante entre as dietas, essa resposta pode ser parcialmente explicada pela ausência de efeito no número de mastigações por bolo, já que, no presente trabalho, não foi quantificado o número de mastigações realizadas durante o tempo de alimentação.

As eficiências de alimentação e ruminação (g MS e FDN/hora) não apresentaram diferença em função das dietas apresentarem o caroço de algodão (moído e inteiro) com e sem adição de quitosana.

Segundo Dado & Allen (1995), a eficiência de alimentação pode ser interferida quando ocorre o processamento da digestão ruminal, e a eficiência de ruminação é um comportamento de grande importância no controle da utilização de alimentos fibrosos e pode restringir o uso de alimentos de baixa qualidade (Welch, 1982).

Tabela 6. Eficiências de alimentação e ruminação de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de Algodão		Quitosana ¹		EMP	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Quit.	PXQ
Eficiência de alimentação								
gMS/hora	247,2	259,6	256,4	250,4	6,380	0,41	0,70	0,91
gFDNcp/hora	90,6	96,7	93,9	93,4	2,193	0,96	0,72	0,96
Eficiência de ruminação								
gMS/hora	124,8	122,6	124,9	122,6	2,660	0,08	0,92	0,42
gFDNcp/hora	45,26	45,73	45,37	45,61	0,786	0,10	0,56	0,59
gMS/bolo	1,40	1,52	1,46	1,46	0,045	0,86	0,76	0,51
gFDNcp/bolo	0,51	0,54	0,53	0,52	0,014	0,53	0,89	0,47
Bolos (nº/dia)	919,6	778,4	879,4	820,5	20,83	0,33	0,39	0,64

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média. gMS/hora: gramas de matéria seca por hora.

gFDNcp/hora: gramas de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína por hora. gMS/bolo: : gramas de matéria seca por bolo mastigado. gFDNcp/bolo: gramas de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína por bolo mastigado. Bolos (nº/dia): número de bolos mastigado por dia.

No geral, as eficiências de alimentação e ruminação são influenciadas pelo consumo de MS e FDN, fato comprovado por Carvalho et al.(2004), que observaram menor eficiência de ruminação quando os animais consumiram menores quantidades desses componentes nutricionais, fato que pode justificar o ocorrido neste estudo, já que não houve influência nos consumos e as eficiências não sofreram influencia alguma.

Tabela 7. Número e tempo médio despendido por período nas atividades de alimentação, ruminação e ócio e consumo de MS e FDNcp por período de alimentação de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EMP	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Quit	PXQ
Número de períodos (nº/dia)								
Alimentação	12,55	11,00	11,37	11,50	0,418	0,40	0,69	0,32
Ruminação	19,65	17,45	17,60	18,30	0,363	0,30	0,40	0,44
Ócio	29,20	25,55	26,10	25,63	0,464	0,22	0,09	0,07
Tempo gasto por período (min)								
Alimentação	21,65	25,88	24,50	23,71	0,813	0,29	0,83	0,12
Ruminação	29,71	31,99	30,87	30,14	0,646	0,07	0,35	0,22
Ócio	23,30	24,41	23,23	24,12	0,509	0,34	0,86	0,92
Consumo médio por período de alimentação (kg)								
MS	0,10	0,03	0,02	0,02	0,005	0,29	0,60	0,29
FDNcp	0,10	0,12	0,12	0,12	0,004	0,26	0,26	0,37

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

De acordo com Mertens (1997), o aumento da quantidade de fibra nas dietas estimula a atividade mastigatória e reduz a produção de ácidos graxos voláteis. Possivelmente, pelo fato de que os alimentos utilizados na dieta apresentaram reduzido tamanho de partícula, devido à similaridade entre todas as dietas, o que levou à ausência de efeito significativo no número de mastigações por bolo, no tempo gasto com mastigação em cada bolo e no tempo despendido para atividade de mastigação total (Tabela 7).

4. CONCLUSÃO

O caroço de algodão inteiro associado à quitosana aumenta a digestibilidade do extrato etéreo e a síntese de proteína microbiana.

O uso do caroço de algodão moído ou integral e a quitosana não afeta o desempenho produtivo animal. Assim, conclui-se que não há a necessidade de moer o caroço de algodão para uso em dietas para cordeiros e também não tem necessidade de inserir quitosana nas dietas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAN, C.R.; HADWIGER, L.A. The fungicidal effects of chitosan on fungi and varying in cell wall composition. **Experimental Mycology**, v.3, 1979. 285-287p.

ALVES, D.D.; GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.3, 2005. 135-149p.

AOAC.ASSOCIATION OF OFFICAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of official Analytical chemists**. ed. 15, Arlington, 1990. 1018p.

ARAÚJO, P.C.; VENTURELLI, B.C.; SANTOS, M.C.B.; GARDINAL, R.; CONSOLO, N.R.B.; CALOMENI, G.D.; FREITAS, J.E.; BARLETTA, R.V.; GANDRA, J.R.; PAIVA, P.G.; RENNÓ, F.P. Chitosan affects total nutrient digestion and ruminal fermentation in Nellore steers. **Animal Feed Science and Technology**, v.206, 2015.114-118p.

BASSI, M. S.; LADEIRA, M. M.; CHIZZOTTI, M. L.; CHIZZOTTI, F. H. M.; OLIVEIRA, D. M.; NETO, O. R. M. Grãos de oleaginosas na alimentação de novilhos zebuínos: consumo, digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, n.2, 2012. 353-359p.

BELANCHE, A.; PINLOCHE, E.; PRESKETT, D.; NEWBOLD, C. J. Effects and mode of action of chitosan and ivy fruit saponins on the microbiome, fermentation and methanogenesis in the rumen simulation technique. **FEMS microbiology ecology**, v. 92, n. 1, 2016.

BÜRGER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; CASALI, A.D.P. Comportamento ingestivo em bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, 2000. 236-242p.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A. J.V.; SILVA, F.F.; VELOSO, C.M.; SILVA, R.R.; SILVA, H.G.O.; BONOMO, P.; MENDONÇA, S.S. Comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. **Pesquisa Agropecuária**

Brasileira, v.39, n.9, 2004. 919-925p.

CASTRO, W. J. R.; ZANINE A. M.; SANTOS R. M. S.; PRADO, D. A.; SOUZA, L. F. C.; MOUSQUER C. J.; SILVA FILHO A. S. Variáveis Comportamentais de Ovinos Confinados Recebendo Dietas com Resíduo do Feijão. **Scientific electronic archives**, v.8, n.3, 2015. 1-6p.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of technical details (Occasional publication). **International feed resources unit**. Bucksburnd, Aberdeen: Rowett Research Institute.1992.21p

CUNHA, M.G.C.; CARVALHO, F.F.R.; VÉRAS, A.S.C.; et al. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.37, n.6, 2008. 1103-1111p.

DADO, RG.; ALLEN, M. S. Intake limitations, feeding behavior and rumen function of cows challenged with rumen fill from dietary fiber or inert bulk. **Journal Dairy Science**, v.78, 1995. 78-118p.

DEL VALLE, T. A.; DE PAIVA, P. G.; DE JESUS, E. F.; DE ALMEIDA, G. F.; ZANFERARI, F.; COSTA, A. G.; RENNÓ, F. P. Dietary chitosan improves nitrogen use and feed conversion in diets for mid-lactation dairy cows. **Livestock Science**, v.201, 2017. 22-29p.

DIAS, A. O. C., GOES, R. H. T. B., GANDRA, J. R., TAKIYA, C. S., BRANCO, A. F., JACAÚNA, A. G., VAZ, M. S. M. Increasing doses of chitosan to grazing beef steers: Nutrient intake and digestibility, ruminal fermentation, and nitrogen utilization. **Animal Feed Science and Technology**, v.225, 2017. 73-80p.

DUTTA, P. K., DUTTA, J., TRIPATHI, V. S. **Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications**. 2004.

EUSTÁQUIO FILHO, A.; CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R. SANTOS, P.E.F.; MURTA, R.M.; PEREIRA, F.M.; CARVALHO, B.M.A.;

MARANHÃO, C.M.A.; RUFINO,L.M.S.; SANTOS, S.A.; PINA, D.S. Intake and ingestive behavior in lambs fed low-digestibility forages. **Tropical Animal Health and Production**, v.48, 2016. 1315-1321p.

FADEL EL-SEED, A. N. M. A.; KAMEL, H. E. M.; SEKINE, J.; HISHINUMA, M.; HAMANA, K. Chitin and chitosan as possible novel nitrogen sources for ruminants. **Canadian journal of animal science**, v 83, n.1, 2003. 161-163p.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A.G.; DÈSPRES, L.; LOBATO, J.F.P. Padrões nictemerais do comportamento ingestivo de ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, 1998. 362-369p.

GARCIA-RODRIGUEZ, A.; ARRANZ, J.; MANDALUNIZ, N.; BELTRÁN-DE-HEREDIA, I.; RUIZ, R.; GOIRI, I. Production performance and plasma metabolites of dairyewes in early lactation as affected by chitosan. **Spanish Journal of Agricultural Research**, v.13, n.4, 2015 04-06p.

GERON, L. J. V.; MEXIA, A. A.; GARCIA, J.; ZEOULA, L. M.; GARCIA, R. R. F.; DE MOURA, D. C.. Desempenho de cordeiros em terminação suplementados com caroço de algodão (*Gossypiumhirsutum* L.) e grão de milho moído (*Zeamays* L.). **Archives of Veterinary Science**, v.17, n.4, 2012.

GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L.M. Effect of chitosans on in vitro rumen digestion and fermentation of maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.148, 2009. 276-287p.

GRAINER, C.; CLARKE, T.; ECKARD, R. J. Effect of whole cottonseed supplementation on energy and nitrogen partitioning and rumen function in dairy cattle on a forage and cereal grain diet. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.48, n.7, 2008. 860-865p.

HARVATINE, D.I.; WINKLER, J.E; DEVANT-GUILLE, M.; FIRKINS, J.L; St-PIERRE, N.R.; OLDICK, B.S.; EASTRIDGE, M.L. Whole linted cottonseed as a forage substitute: fiber effectiveness and digestion kinetics. **Journal of Dairy Science**, v.85, 2002. 1988-1999p.

HENRY, D. D.; RUIZ-MORENO, M.; CIRIACO, F. M.; KOHMANN, M.; MERCADANTE, V. R. G.; LAMB, G. C.; DILORENZO, N. Effects of chitosan on nutrient digestibility, methane emissions, and in vitro fermentation in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 93, n.7, 2015. 3539-3550p.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M. VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, 1996. 347-358p.

MATOSO SILVA, R. V. M., PINTO DE CARVALHO, G. G., VIEIRA PIRES, A. J., ALBURQUERQUE PEREIRA, M. L., PEREIRA, L., SENA CAMPOS, F., RUFINO, L. M. A. Nitrogen balance, microbial protein synthesis digestive behavior of lambs fed diets containing cotton seedcake in substitution of soybean meal. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n.4, 2016.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, 1997. 1463-1481p.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. **Manipulation of ruminal fermentation**. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. The rumen microbial ecosystem. London: Blackie Academic and Professional. 1997. 523-632p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washington, D.C: The National Academies Press, 2001.450p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Sheep, goats, cervids and new world camelids. Washington, D.C.: The National Academy Press, 2007. 362p.

PAIVA, P. G.; DE JESUS, E. F.; DEL VALLE, T. A.; DE ALMEIDA, G. F.; COSTA, A. G. B. V. B.; CONSENTINI, C. E. C.; RENNÓ, F. P. Effects of chitosan on ruminal fermentation, nutrient digestibility, and milk yield and composition of dairy cows. **Animal Production Science**, v.57, n.2, 2016. 301-307p.

PEREYRA, H.; LEIRAS, M.A. Comportamento Bovino de Alimentación, Rumia y Bebida. **Fleckvieh-Simental**, Buenos Aires, v.9, n.51, 1991. 24-27p.

RUY, D.C.; LUCCI, C.S.; MELOTTI, L.; LIMA, M.L.M. Degradação da proteína e fibra do caroço de algodão integral (*Gossypiumhiraatum* L.) no rúmen. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v 33, 1996. 276-280p. Suplemento.

SENEL, S.; MCCLURE, S. J. Potential applications of chitosan in veterinary medicine. **Advanced drug delivery reviews**, v.56, n.10, 2004. 1467-1480p.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. . Anet carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, 1992. 3562-3577p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM.SAS/STAT **User's Guide**. Version 9.2. Cary, NC: SAS Institute, 2009.

VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarchpolysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597. 1991.

VALADARES, R. F. D.; BRODERICK, G. A.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Effect of replacing alfalfa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, 1999. 2686-2696p.

WEISS, W.P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Cornell nutrition conference for feed manufacturers, 61., 1999, **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. 176-185p.

WELCH J. G. Rumination, particle size and passage from the rumen. **Journal of Animal Science**, v.54, n.4, 1982. 885-894p.

WENCELOVA, M.; VARADYOVA, Z.; MIHALIKOVA, K.; KISIDAYOVA, S.; JALC, D. Evaluating the effects of chitosan, plant oils, and different diets on rumen metabolism and protozoan population in sheep. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.38, n.1, 2014. 26-33p.

CAPÍTULO 02

Efeito do caroço de algodão associado à quitosana sobre as características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros

Efeito do caroço de algodão associado à quitosana sobre as características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da associação do caroço de algodão (moído ou inteiro) com quitosana sobre as características de carcaça e qualidade da carne. Oitenta ovinos, da raça Santa Inês não castrados, com peso médio de $20,6 \pm 2,2$ kg, com 04 a 05 meses de idade foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 2, com caroço de algodão inteiro ou moído e dois níveis de quitosana (0 e 136 mg/kg de PV). As características morfológicas da carcaça, área de olho de lombo, espessura de gordura subcutânea, perdas de cocção, resultados para ácidos graxos monoinsaturados e poli – insaturados, somatórios e razões dos principais ácidos graxos presentes na carne, perfil qualitativo da carne ovina não foram influenciados ($P>0,05$) por nenhum dos tratamentos estudados. As características da carcaça e morfométricas não foram influenciadas pelo uso de quitosana na dieta de cordeiros confinados. As carcaças apresentaram bom acabamento, boa conformação com rendimentos dos principais cortes comerciais que atendem as exigências do mercado consumidor. O uso de caroço inteiro associado com a quitosana aumenta a concentração de ácidos graxos insaturados na carne de cordeiros.

Palavras-chave: conformação, confinamento, ganho de peso, ovinos.

Effect of chitosan associated cottonseed on carcass characteristics and meat quality of lambs

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of the association of cotton seed (ground or whole) with chitosan on carcass characteristics and meat quality. Eighty - year - old Santa Inês sheep with an average weight of 20.6 ± 2.2 kg, with 04 to 05 months of age were distributed in a completely randomized design, in a 2 x 2 factorial arrangement, with whole cottonseed or ground and two levels of chitosan (0 and 136 mg / kg of PV). The morphological characteristics of the carcass, loin eye area, subcutaneous fat thickness, cooking losses, results for monounsaturated and polyunsaturated fatty acids, sums and ratios of the main fatty acids present in the meat, qualitative profile of the sheep meat were not influenced ($P > 0.05$) for none of the treatments studied. The carcass and morphometric characteristics were not influenced by the use of chitosan in the diet of confined lambs. The carcasses showed good finishing, good conformation with yields of the main commercial cuts that meet the demands of the consumer market. The use of whole seed associated with chitosan increases the concentration of unsaturated fatty acids in the meat of lambs.

Keywords: conformation, confinement, sheep, weight gain

1. INTRODUÇÃO

A produção e qualidade da carne em ruminantes são influenciadas pela síntese ruminal e biohidrogenação realizadas pelos micro-organismos ruminais (Lopes et al., 2012). Vale salientar que vários fatores podem afetar o processo de biohidrogenação e a composição dos ácidos graxos depositados na carne, assim como suas características centesimais e físicas. Neste contexto, destacam-se o sistema de alimentação, a composição das dietas, a relação volumoso: concentrado e o tipo de volumoso utilizado (French et al., 2000; Demirel et al., 2006; Nuernberg et al., 2008).

O fornecimento de ácidos graxos insaturados na forma protegida ou na forma de grãos e sementes, como por exemplo, caroço de algodão, na alimentação de ruminantes é importante porque poderia aumentar o valor nutricional dos alimentos de origem animal, através de maior oferta da quantidade de ácidos graxos insaturados (Corte 2007).

O caroço de algodão, devido principalmente às suas características bromatológicas, é uma das alternativas alimentares mais utilizadas na alimentação de ruminantes de corte. É uma alternativa para uso em confinamento, por associar alto teor de proteína, de elevado valor biológico, com alto teor de energia, ajudando assim, a balancear as dietas. Além disso, proporciona menor incremento calórico, devido ao fato de a maior parte da energia estar na forma de gordura, resultando assim, em uma melhor conversão alimentar e mais energia disponível a ser depositada na carcaça, na forma de gordura subcutânea ou intramuscular (Palmquist, 1988).

O processamento do caroço de algodão pode afetar a disponibilidade de nutrientes e, conseqüentemente, a produção e qualidade da carne ou leite dos ruminantes. Além disso, o processamento de alimentos tem sido indicado para evitar que animais em confinamento selecionem os alimentos e diminuindo, no momento da ingestão, o desbalanceamento das dietas completas que são ofertadas.

A quitosana ainda é pouco estudada na alimentação de animais de corte, mas tem sido indicada como possível moduladora da fermentação ruminal, com finalidade de otimizar a eficiência alimentar em ruminantes, tendo em vista, seu extenso uso como agente antimicrobiano em outras áreas estudadas, principalmente com animais leiteiros (Goiri et al., 2009; Belanche et al. 2015).

Goiri et al. (2010b) trabalhando com uma relação volumoso:concentrado de 50:50, avaliaram 136 mg de quitosana/Kg de peso vivo em ovelhas e relataram aumento de

21,48% na proporção molar de propionato. A produção de ácidos graxos voláteis no rúmen infere na disponibilidade de energia ao animal e pode diminuir ou aumentar os teores de gorduras nos produtos finais dos ruminantes. Assim, acredita-se que a associação do caroço de algodão com a quitosana proporcionará uma diminuição na biohidrogenação ruminal, e como consequência aumentar os teores de ácidos graxos essenciais na carne de cordeiros.

Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito da associação do caroço de algodão com a quitosana, na dieta, e sua influência nas medidas morfométricas e características da carcaça, assim como nas características físico-químicas, centesimal e perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros confinados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, animais e instalações

Esta pesquisa foi conduzida em conformidade com a legislação brasileira sobre a pesquisa com o uso de animais e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, número de protocolo 16/2016. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, pertencente à Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da UFBA.

Foram utilizados 80 cordeiros não castrados da raça Santa Inês, com peso médio de $22,6 \pm 2,2$ kg de PC, idade de 04 a 05 meses, devidamente vermifugados, vacinados (raiva e clostridiose), suplementados (complexo vitamínico ADE) e, posteriormente, identificados. Foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC), num experimento fatorial 2x2, sendo dois níveis de quitosana e duas formas de caroço de algodão. Os animais foram alojados em baias individuais, cobertas, com piso ripado e suspenso, com área/baia de 1 m^2 , equipadas com bebedouros e cochos de alimentação, de modo que houve acesso irrestrito à água e às dietas durante todo o período experimental.

Os cordeiros foram mantidos em regime de confinamento durante 90 dias, precedidos de 15 dias destinados à adaptação às instalações, às dietas e ao manejo diário. Nessa fase, receberam volumoso de feno de Tifton-85 *ad libitum*, e proporções crescentes

das rações experimentais. Após esse período, os animais foram submetidos à fase experimental, composta por três períodos consecutivos de 30 dias, para a coleta de amostras e dados para a avaliação das características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros confinados.

2.2 Dieta experimental e manejo

Utilizou-se uma dieta experimental padrão com 15% de caroço de algodão (%MS), formuladas para serem isonitrogenadas (15% de PB), (Tabela 1) segundo as recomendações do National Research Council (NRC, 2007), de modo a atender às exigências nutricionais para cordeiros com ganhos de peso estimados de 200g/dia. As dietas experimentais foram assim compostas: 1) Dieta apenas com caroço de algodão inteiro (CAI); 2) Dieta com inclusão de 136 mg de quitosana/kg de peso corporal e CAI; 3) Dieta apenas com caroço de algodão moído (CAM); 4), Dieta com inclusão de 136 mg de quitosana/kg de peso corporal e CAM. A quitosana utilizada continha 86,3% de desacetilação, uma densidade aparente de 0,33mg/mL e um pH de 7,9 (Polymar®). As dietas ofertadas diariamente foram pesadas em balança digital e o fornecimento era ajustado de forma que as sobras representassem aproximadamente 10% da quantidade de matéria seca fornecida. Durante todo período experimental, foram coletadas, semanalmente, amostras dos ingredientes e das dietas, as quais foram quarteadas, e, posteriormente, acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer a -20°C, para posterior análise bromatológica.

Tabela 1. Composição percentual e bromatológica da dieta experimental padrão utilizada no confinamento dos cordeiros

Ingredientes (%MS)	Dieta
Feno de Tifton	50,00
Milho moído	18,40
Farelo de soja	14,50
Caroço de algodão	15,00
Ureia	0,60
Mistura mineral ¹	1,50
Nutrientes	
Matéria seca (% MN)	86,45
Matéria orgânica (% MS)	95,11
Matéria mineral (% MS)	4,89

Proteína bruta (%MS)	17,18
Extrato etéreo (% MS)	4,61
Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (%MS)	41,74
Fibra em detergente ácido (% MS)	20,85
Hemicelulose (% MS)	20,90
Celulose (% MS)	17,88
Lignina (% MS)	2,97
Carboidratos totais (% MS)	72,89
Carboidratos não fibrosos (% MS)	31,15
Nutrientes digestíveis totais (% MS)	73,25

¹Níveis de garantia (por kg de produto): cálcio 120,00 g; fósforo 87,00 g; sódio 147,00 g; enxofre 18,00 g; cobre 590,00 mg; cobalto 40,00 mg; cromo 20,00mg;ferro 1.800,00 mg; iodo 80,00 mg; manganês 1.300,00 mg; selênio, 15,00 mg; zinco 3.800,00 mg; molibdênio 300,00 mg; flúor máximo 870,00 mg; Solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% mínimo - 95%.

Os cordeiros foram alimentados duas vezes ao dia, às 09h00min e às 16h00min horas, na forma de mistura completa, relação volumoso: concentrado de 50:50. O feno de capim Tifton-85 (*Cynodon sp*) foi moído em partículas de aproximadamente 5cm. O concentrado foi constituído de grão de milho moído, farelo de soja, ureia, suplemento mineral específico para ovinos e caroço de algodão (inteiro ou moído).

2.3 Abate e morfometria da carcaça

Para avaliação das variáveis qualitativa e quantitativa da carcaça, os animais, após 90 dias de confinamento, foram submetidos a jejum de dieta sólida por 16 horas e pesados para determinação do peso corporal final. No dia seguinte, os animais foram transferidos para frigorífico comercial, localizado no município de Pintadas – Bahia, passando por novo período de jejum e descanso de 16 horas, sendo novamente pesados para a obtenção do peso corporal de abate e abatidos de acordo com as normas vigentes preconizadas pela Instrução Normativa do Ministério da Agricultura e Abastecimento - Secretaria de Defesa Agropecuária (BRASIL, 2000).

O abate foi realizado após a insensibilização dos animais por eletronarcole, seguida de sangria, através da secção das veias jugulares e as artérias carótidas, cujo sangue foi coletado e pesado. Posteriormente, foi procedida a esfolação, na qual foi retirada a cabeça (secção na articulação atlanto-occipital) e as patas (secção nas articulações do carpo e tarso-metatarsianas), pesando esses componentes, e evisceração. Nessa parte do abate, contabilizaram-se os pesos do trato gastrintestinal (TGI). A vesícula urinária (B) e

a vesícula biliar (VB) foram esvaziadas e as carcaças lavadas para a obtenção do peso corporal vazio (PCVZ), *toilete* e pesagem para a determinação do peso da carcaça quente (PCQ) (Cezar e Sousa, 2007). Em seguida, as carcaças foram resfriadas em câmara fria por 24 horas a $\pm 4^{\circ}\text{C}$, penduradas pelo tendão calcâneo comum. Decorrido o período de 24 horas, as carcaças foram pesadas para obtenção do peso da carcaça fria (PCF).

Após esse período, avaliou-se, de acordo com César e Sousa (2007), as medidas morfométricas das carcaças: comprimento de carcaça (distância máxima entre o bordo anterior da sínfise ísquio pubiana e o bordo anterior da primeira costela em seu ponto médio); comprimento da perna (distância entre o períneo e o bordo anterior da superfície articular tarso-metatarsiana); profundidade da perna (maior distância entre o bordo proximal e distal da perna); largura do peito (realizado com paquímetro e mensurado na meia-carcaça sobre a ponta do esterno e as vértebras dorsais) e profundidade do peito (distância máxima entre o esterno e o dorso da carcaça na posição da sexta vértebra torácica).

Todas as medidas de comprimento, altura e perímetro foram tomadas utilizando-se fita métrica, e as de largura e profundidade, com auxílio de compasso, cuja abertura registrada foi mensurada com régua. Em seguida, foi realizada na carcaça, a avaliação subjetiva da conformação, acabamento e do estado de engorduramento, segundo metodologia descrita por Cezar e Sousa (2007).

Com o objetivo de minimizar erros de análise, todas as medidas foram tomadas por um mesmo avaliador, o qual deixou os animais em posição adequada.

Após a pesagem das carcaças frias, realizou-se a divisão longitudinal das mesmas conforme a metodologia de Silva Sobrinho e Osório (2008), sendo as meias carcaças esquerdas seccionadas e realizados os seguintes cortes comerciais: pescoço (separado da carcaça por meio corte oblíquo em sua extremidade inferior entre a última vértebra cervical e primeira torácica, compreendendo, assim, as sete vértebras cervicais); paleta (obtida pela desarticulação dos tecidos que unem a escápula e o úmero à região torácica formada pelas seis primeiras vértebras torácicas e a porção superior das seis primeiras costelas); costelas (corte comercial que compreende as 13 vértebras torácicas, com as costelas correspondentes e o esterno); lombo (obtido perpendicularmente à coluna, entre a 13^a vértebra dorsal-primeira lombar e a última lombar-primeira sacral) e perna (separada da carcaça através da sua extremidade superior entre a sétima vértebra lombar e a primeira

vértebra sacral, por meio da secção do flanco).

À proporção que foram realizados os cortes comerciais e que esses foram sendo retirados da carcaça, foi realizada a pesagem de cada um deles, separadamente. Em seguida, o peso dos cinco cortes comerciais foi somado a fim de se determinar o peso da meia-carcaça fria reconstituída (PMCFR), segundo proposto por Cezar e Sousa. (2007).

2.4 Análise físico-química e centesimal

A avaliação da área de olho de lombo e a espessura de gordura subcutânea foram realizadas através de corte transversal entre a 12^a e 13^a vértebra torácica, permitindo, assim, a exposição da secção transversal do lombo da meia carcaça direita. Dessa forma, a aferição da área de olho de lombo foi procedida com auxílio de transparência com gabarito padrão transparente quadriculado, em que cada quadrado representa um centímetro quadrado (Cunha et al., 2008). A espessura da gordura de cobertura foi obtida por meio de paquímetro a 3/4 de distância, a partir do lado medial do músculo *Longissimus lumborum*, para o seu lado lateral da linha dorsolombar.

Para a análise das características físico-químicas (pH, coloração, capacidade de retenção da água, perdas por cocção e força de cisalhamento) do músculo *Longissimus lumborum* foram coletados os lombos inteiros da meia carcaça esquerda de cada animal, os quais foram identificados individualmente, acondicionados em sacos plásticos e armazenados em freezer a -18°C para posteriores avaliações laboratoriais.

No preparo das amostras para as análises, os lombos foram descongelados dentro de sacos plásticos em geladeira a 10°C por 12 horas e, em seguida, dissecados com auxílio de bisturi e faca em ambiente climatizado.

A composição química da carne foi realizada por meio de análise do infravermelho próximo (método AOAC: 2007-04) em 180 g do músculo *Longissimus lumborum* isento da capa de gordura, utilizando o aparelho FoodScan™ (FOSS, Hillerod, Dinamarca).

Para as medições do pH, foi utilizado pHmetro portátil acoplado a um eletrodo de penetração, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,00 e 7,00, sendo as leituras realizadas em triplicata três pontos distintos do músculo *L. lumborum*, na carcaça quente, e passado 24 horas, da mesma forma acima relatada, foi efetuada a leitura sobre

a carcaça fria.

A avaliação da cor da carne foi realizada com auxílio do colorímetro Minolta® previamente calibrado em ladrilho branco, através do sistema CIELAB, que considera as coordenadas L^* , a^* e b^* responsáveis pela luminosidade (preto/branco), teor de vermelho (verde/vermelho) e teor de amarelo (azul/amarelo), respectivamente.

Antes da análise, os lombos foram seccionados por meio de corte transversal e exposição ao ar atmosférico da exposição ao ar atmosférico, durante o período de cinco minutos (Cañeque e Sañudo, 2000). Esse procedimento é importante, pois é através dele que ocorre a reação entre a mioglobina do músculo e o oxigênio do ar, de modo que haja a formação de oximioglobina, principal pigmento responsável pela cor vermelha brilhante da carne (Renerre, 1982). Decorrido esse tempo, e conforme descrito por Miltenburg et al. (1992), as coordenadas L^* , a^* e b^* foram mensuradas em três pontos distintos da superfície interna do músculo, sendo calculada, posteriormente, a média das triplicatas de cada coordenada por animal.

A perda de peso por cocção foi determinada utilizando amostras isentas de tecido conectivo visível que foram previamente descongeladas durante 12 horas sob refrigeração a 10°C. Posteriormente, os bifes foram assados em forno elétrico pré-aquecido à temperatura de 170°C, sendo realizado o monitoramento da temperatura com auxílio de termômetro digital portátil tipo espeto, até o momento em que a temperatura interna da amostra atingisse 71°C no centro geométrico. Depois de assados, os bifes foram retirados do forno e, novamente, pesados. A diferença entre peso inicial e peso final da amostra foi utilizada para a determinação da perda por cocção, sendo os valores expressos em porcentagem, de acordo com Felício (1999).

Para a avaliação da força de cisalhamento, as amostras cozidas utilizadas na análise das perdas por cocção foram resfriadas em bancada até atingirem a temperatura ambiente. Assim, com auxílio de sonda vazada, retirou-se de cada amostra, em média seis cilindros, os quais foram cortados, no sentido das fibras musculares. Em seguida, a força necessária para cortar cada cilindro foi mensurada por meio do aparelho Texture Analyser TA-TX2, acoplado à lâmina de aço inox tipo Warner-Bratzler. Os resultados obtidos foram determinados automaticamente pelo equipamento, expressos em kgf/cm^2 (Lyon et al., 1998). Dessa forma, a maciez de cada lombo foi calculada pela média dos seis cilindros utilizados em cada amostra.

2.5 Análise perfil de ácidos graxos

Para determinação da composição dos ácidos graxos, fez-se, inicialmente, a extração da fração lipídica da carne, segundo Bligh e Dyer (1959). A transesterificação dos triacilglicerois (TAG) para obtenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada conforme o método 5509 da ISO (1978). As amostras de ésteres metílicos foram acondicionadas em eppendorfs e armazenadas a -18°C , para posterior análise cromatográfica. Os ésteres metílicos foram analisados por meio de cromatografia gasosa em aparelho Thermo-Finnigan, equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida BPX-70 (120 m, 0,25 mm d.i). A vazão dos gases foi de 6,5 mL.min⁻¹ para o gás de arraste N₂; 30 mL.min⁻¹ para o gás auxiliar N₂; e 30 e 350 mL.min⁻¹ para os gases da chama H₂ e ar sintético, respectivamente.

A razão de divisão da amostra foi de 90:10. As temperaturas do injetor e detector foram 250°C e 280°C, respectivamente. O tempo total de análise foi de 55 minutos, programado em quatro rampas, com temperatura inicial de 140°C e final de 238°C. O volume de injeção foi de 1,2 µL e as áreas de picos foram determinadas pelo método da normalização, utilizando-se um software Chrom Quest 4.1.

A quantificação dos ácidos graxos presentes no longissimus foi calculada mediante a porcentagem da área de cada pico, correspondente ao ácido graxo identificado pelos padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos Sigma (EUA) e após verificação do comprimento equivalente de cadeia.

2.6 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância em um delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos. Para testar o efeito dos tratamentos, os dados foram analisados pela função PROC MIXED do programa SAS (versão 9.1). Adotou-se um modelo fatorial 2x2 (efeito das formas de inclusão de caroço de algodão de acordo com o processamento; e as dietas com e sem inclusão de quitosana como aditivo). Foram testados os efeitos da inclusão do processamento, inclusão da quitosana e da interação entre ambos. As médias dos tratamentos foram obtidas por meio do LSMEANS do pacote estatístico SAS 9.1. Adotou-se um nível de significância de 5% para todas as variáveis. O seguinte modelo foi utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + s_i + T_{ej} + s_i \times T_{ej} + e_{ijk}$$

μ = média; s_i = Efeito fixo do caroço de algodão; T_{ej} = Efeito aleatório da quitosana;

$s_i \times T_{ej}$ = Efeito da interação entre o caroço de algodão e quitosana; e_{ijk} = Erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve diferença significativa ($P>0,05$) para o peso inicial, peso ao abate, peso da carcaça quente e peso da carcaça fria de cordeiros confinados alimentados com caroço de algodão (inteiro ou moído) com adição e sem adição de quitosana (Tabela 2). O que corrobora com Cunha et al. (2008), onde não observaram, em estudo, influência ($P>0,05$) dos diferentes níveis de caroço de algodão inteiro na dieta de ovinos Santa Inês.

Nesse estudo, o peso da carcaça quente (PCQ) e o peso da carcaça fria (PCF) e rendimento de carcaça (RC) não foram influenciados pelas dietas ($P>0,05$) o que pode ser explicado pela similaridade no desempenho em função da dieta isonitrogenada e a uniformidade dos animais. Assim, o rendimento dos cortes (%): pescoço, costela, lombo e pernil em relação à carcaça, também não foram influenciados ($P>0,05$) pela adição de quitosana tampouco pelo processamento do algodão (inteiro ou moído), provavelmente pela igualdade no rendimento de carcaça, peso da carcaça quente e peso da carcaça fria.

Tabela 2. Média do consumo de matéria seca total (CMS, Kg), peso inicial e final ao abate, peso da carcaça quente e fria, porcentagem dos cortes comerciais (costela, lombo total, paleta, pernil, pescoço) e o total da carcaça de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM ³	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
Peso ao abate	39,19	40,70	40,24	39,65	0,524	0,18	0,60	0,40
PCQ	17,30	17,76	17,58	17,48	0,241	0,36	0,86	0,25
PCF	17,17	17,66	17,46	17,37	0,238	0,31	0,85	0,27
Costela %	26,93	26,81	26,83	26,91	0,163	0,71	0,80	0,14
Lombo T. %	15,00	14,72	14,74	14,98	0,133	0,31	0,37	0,98
Paleta %	18,63	18,91	19,00	18,54	0,111	0,21	0,04	0,19
Pernil %	15,01	14,72	14,75	14,98	0,113	0,30	0,39	0,95
Pescoço %	10,26	10,23	10,23	10,30	0,114	0,95	0,79	0,51
Rendimento	43,18	43,08	43,08	43,19	0,184	0,79	0,78	0,39

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente ($P<0,05$) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

Apenas o rendimento da paleta foi influenciado ($P>0,05$), onde os valores foram diminuídos nos tratamentos que receberam 136 mg de quitosana/Kg de PV. No entanto, os resultados encontrados neste trabalho são semelhantes aos encontrados por Grandis et al. (2016) e Cartaxo et al. (2009), os quais observaram média de 19,91 % 18,60%,

respectivamente.

Esses resultados estão de acordo com a teoria da harmonia anatômica, descrita por Boccard e Drumond (1960), em que carcaças de pesos e quantidades de gorduras similares, quase todas as regiões corporais se encontram em proporções semelhantes, independente dos genótipos.

Segundo Cunha et al. (2008), os distintos cortes que compõem a carcaça possuem diferentes valores econômicos e sua proporção constitui um importante índice para a avaliação comercial da carcaça. Porém, a literatura apresenta grande variação nos valores dos cortes comerciais. Isso se dá em função de fatores como genética, sexo, peso corporal, tipo de dieta e número de horas em jejum.

As variáveis morfométricas: comprimento interno e externo da carcaça, comprimento e circunferência da perna, largura do tórax e garupa, profundidade tórax, perímetro do peito e garupa, além da conformação, acabamento e engorduramento, avaliadas 24h após o abate, devidamente armazenadas em câmara fria (Tabela 3), não foram influenciados pela adição de quitosana (136 mg de quitosana/kg de PC) nem pelo processamento do caroço de algodão (moído ou inteiro), o que pode ser explicado, também, pela semelhança dos pesos inicial e de abate, peso da carcaça (quente e frio), e rendimento de carcaça.

A importância das medidas largura de garupa, comprimento da perna pode ser definida, como o grau de conformação dessa região anatômica, de modo que, quanto maior for a relação largura/comprimento, melhor será a conformação, a qual incidirá positivamente no valor comercial da carcaça (Oliveira et al., 2002). Porém, neste estudo, não houve diferença entre os tratamentos quando avaliados esta variável e os valores encontrados, pois estão semelhantes ao da literatura, comprovando bons índices desta região anatômica.

Tabela 3. Média dos valores da morfometria (acabamento, comprimento interno, comprimento externo, circunferência da perna, comprimento da perna, conformidade, engorduramento, largura da garupa, largura do tórax, perímetro da garupa, perímetro peito e perímetro do tórax) de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
Acabamento	2,79	2,89	2,86	2,81	0,039	0,14	0,62	0,36
Comp. Inter.	58,47	58,24	58,68	57,84	0,275	0,70	0,94	0,85
Comp. Exter.	53,72	53,89	54,24	53,34	0,257	0,97	0,75	0,64
Circ. Perna	38,53	38,74	38,62	39,63	0,271	0,23	0,15	0,58
Comp. Perna	40,42	49,86	40,34	38,46	0,238	0,86	0,91	0,16
Conformidade	2,88	2,93	2,97	2,84	0,027	0,51	0,07	0,11
Engord.	2,25	2,08	2,21	2,14	0,066	0,30	0,97	0,86
Larg. Garupa	48,19	48,18	48,61	47,69	0,377	0,55	0,59	0,26
Larg. Tórax	72,31	72,18	72,34	72,11	0,327	0,79	0,90	0,86
Perí. Garupa	15,83	16,11	16,01	15,84	0,107	0,58	0,40	0,50
Perí. Peito	16,48	16,71	16,50	16,72	0,119	0,25	0,22	0,51
Perí. Tórax	25,20	24,93	24,95	25,19	0,119	0,85	0,96	0,16

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente ($P < 0,05$) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

Não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) na interação quitosana x processamento do algodão, sobre a composição centesimal (Tabela 4) do músculo *Longissimus lumborum* (gordura, cinzas, proteína, umidade e colágeno) de cordeiros alimentados com caroço de algodão inteiro ou moído, com e sem adição da quitosana. No entanto, quando adicionada quitosana na dieta, ocorreu uma diminuição no teor de gordura, o que pode ter sido ocasionado, pelo poder que a quitosana tem de se ligar, seletivamente, a compostos específicos como colesterol, proteínas, gorduras, íons metálicos e células tumorais (Craveiro et al., 1999). Logo, este mecanismo associado à quitosana, faz com que haja diminuição de gordura corporal e redução dos índices de colesterol sérico, LDL e triglicérides, sem interferir no índice de HDL e outros nutrientes.

Apesar de não ter tido diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as dietas experimentais, foi observado que os valores médios de proteína (Tabela 4) são superiores aos relatados na literatura. Madruga et al. (2005) encontraram médias compreendidas entre 21,6%, ao avaliarem a carne de cordeiros Santa Inês, sendo semelhantes aos encontrados por Peixoto et al. (2011) que observaram médias de 22,48 para os animais mestiços Santa Inês. Os mesmos ressaltam que o alto teor de proteína possivelmente

ocorreu em virtude da dieta à qual os animais foram submetidos, uma vez que a resposta fisiológica ao desenvolvimento muscular é inerente ao genótipo. Além disso, o teor de proteína do caroço de algodão (que possui alto valor biológico), também pode ter influenciado neste aumento dos teores de proteína no músculo.

O colágeno tem suas proporções, praticamente constantes nos animais nas diferentes idades, mas, com o aumento delas, as ligações tornam-se mais resistentes e estáveis, aumentando a fibra do colágeno e diminuindo a solubilidade, conferindo à carne maior resistência ao corte Cranwellet al. (1996), proporcionando menor maciez da carne. Assim, pode ser inferida correlação direta entre os níveis de colágeno e a força de cisalhamento, haja vista que esta não teve influência quanto à adição de quitosana. Isso pode explicar a similaridade para os valores do colágeno, ressaltando ainda, a homogeneidade da faixa etária dos animais. O corte também influencia na proporção do colágeno, conforme reportado por Ferrão (2006), que, ao avaliar cordeiros confinados, encontrou diferentes quantidades de colágeno, 1,21 e 2,13% para o *longissimus dorsi* e *semimembranosus*, respectivamente.

Tabela 4. Média dos valores da composição centesimal (cinzas, gordura, proteína, umidade e colágeno) do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros Santa Inês alimentados caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
Cinzas	1,29	1,41	1,25	1,45	0,064	0,28	0,054	0,05
Gordura	3,73	3,49	4,08	3,55	0,099	0,39	0,007	0,06
Proteína	22,44	21,90	22,08	22,26	0,109	0,29	0,67	0,46
Umidade	72,27	72,68	72,57	72,38	0,198	0,30	0,62	0,17
Colageno	2,01	1,99	2,01	1,99	0,049	0,91	0,93	0,83

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

Não foi constatado efeito (P>0,05) para as características físico-químicas para as variáveis: área de olho de lombo (AOL), espessura de gordura subcutânea (EGS) perda por cocção (PPC), força de cisalhamento (FC), pH tempo 0 e pH 24 horas na carne de cordeiros alimentados com caroço de algodão (inteiro e moído) com e sem a adição da quitosana (Tabela 5).

As médias de pH final observadas neste estudo são semelhantes àquelas

encontradas por Silva Sobrinho et al.(2005), Fenandes Júnior et al. (2013), Bonagurio et al. (2003) e Vieira et al. (2010), os quais ressaltam que a faixa de pH normal para a carne ovina, se situa entre 5,5 a 5,8. A velocidade de queda do pH, bem como o pH final da carne, após 24-48 horas, é muito variável. O pH inicial, (0 horas) em torno de 7,0 cai para 6,4 a 6,8 após 5 horas e para 5,5 a 5,9 após 24 horas. A queda do pH é mais rápida nos suínos, intermediária nos ovinos e mais lenta nos bovinos (Alves et al., 2005).

Vieira et al. (2010) relatam que as variações na obtenção dos valores de perda por cocção (PPC) são atribuídos, principalmente, a diferenças no genótipo, tratamentos estudados e metodologia empregada, tais como a remoção ou padronização da capa de gordura externa, temperatura e tipo de forno empregado no processo de cocção.

Bressan et al. (2001) relataram que as diferenças na PPC aumentam conforme o aumento do peso dos cordeiros. Essas diferenças encontradas, sob condições similares de cozimento, foram atribuídas à quantidade de gordura existente na carne.

A textura, para os vários tipos de carnes, é o critério de qualidade mais importante. Embora seja ampla a faixa de aceitação de maciez pelos consumidores, é certo que há vantagens para a carne mais macia quando os outros fatores são constantes (Bressan et al., 2001). A carne é considerada como macia com valores de força de cisalhamento até 8 kgf/cm², aceitável de 8 a 11 kgf/cm² e dura acima de 11 kgf/cm² Bonagurio et al. (2003). Seguindo este critério, a carne estudada se enquadra em macia, com resultados que variaram entre 2,19 a 2,57 kgf/cm².

Tabela 5. Média dos valores de área de olho de lombo (AOL), pH 0 e 1, espessura de engorduramento subcutâneo (EGS), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (FC) do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros Santa Inês alimentados caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moido	0	0,136		P	Q	PxQ
AOL	12,59	12,07	12,43	12,21	0,221	0,69	0,93	0,66
pH 0	6,56	6,54	6,57	6,53	0,273	0,13	0,29	0,66
pH 1	5,85	5,92	5,95	5,82	0,038	0,38	0,09	0,49
EGS	0,16	0,16	0,15	0,17	0,009	0,33	0,50	0,70
PPC (%)	14,37	16,70	16,09	15,00	0,631	0,22	0,57	0,23
FC (kgf)	2,36	2,46	2,50	2,31	0,090	0,91	0,39	0,65

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

A dieta não influenciou (P>0,05) estatisticamente nas médias da coloração da

carne (cor L - luminosidade, a – intensidade de vermelho e b – intensidade de amarelo) (Tabela 6). Resultados semelhantes aos encontrados por Pinheiro et al. (2009), os quais em trabalho com cordeiros confinados recebendo diferentes relações de volumoso:concentrado na dieta, não observaram efeito da dieta nos teores de amarelo, vermelho e na luminosidade.

Sousa et al. (2004), mencionam que a variação no teor de vermelho (a^*) pode estar relacionada com a capacidade do grupo genético em influenciar a proporção entre as formas de mioglobina (desoximioglobina e oximioglobina). Os valores de L^* , a^* e b^* tendem a modificar com o desenvolvimento muscular, uma vez que aumenta a quantidade de mioglobina presente, desta forma o depósito de gordura começa a ficar mais evidente e, conseqüentemente, diminui a quantidade de água do músculo, como resultado de menor intensidade luminosa (Bonagurio et al., 2003), o que não foi visto neste estudo, visto que o grupo genético foi o mesmo de todos os animais submetidos às diferentes dietas.

Tabela 6. Média dos valores de cor (a^* , b^* e L) do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros Santa Inês alimentados caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PC)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
Cor a	21,55	21,30	21,45	21,39	0,196	0,52	0,90	0,64
Cor b	5,75	5,39	5,47	5,67	0,199	0,37	0,61	0,76
Cor L	36,99	36,57	36,62	36,94	0,328	0,50	0,62	0,43

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente ($P < 0,05$) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

A tabela 7 apresenta os valores dos ácidos graxos saturados presentes na carne de ovinos Santa Inês alimentados com caroço de algodão (inteiro e moído), com e sem a adição de quitosana. Foi observada diferença estatística ($P > 0,05$) apenas para os ácidos graxos saturados C12, C16 e C16:0 iso.

Senegalhe et al. (2014), ressaltam que o estudo do tipo de ácido graxo presente na carne é de grande interesse do consumidor, uma vez, que a ocorrência de problemas de saúde tem sido associada com a ingestão de gordura, relacionados, principalmente, ao efeito da gordura saturada, mais especificamente, dos ácidos mirístico (C14:0) e palmítico (C16:0) sobre a concentração plasmática das lipoproteínas de baixa densidade (LDL).

Apesar de não haver diferença estatística ($P > 0,05$) entre as dietas testadas, os níveis do ácido esteárico (C18:0) foram um pouco maiores do que os encontrados na

literatura (Madruga et al., 2005), de acordo com estudos o aumento nos índices do ácido esteárico é devido a uma maior biohidrogenação do ácido linoleico (18:2) e linolênico (18:3), o que não é interessante, quando se deseja encontrar um maior índice de ácidos graxos insaturados no produto final. No entanto, Madruga et al. (2005), ressalta que a concentração plasmática de colesterol é influenciada pela composição de ácidos graxos da dieta e que o ácido esteárico (C18:0) não exerce influência em cima disto.

Tabela 7. Média dos valores dos ácidos graxos saturados de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
6:0	0,010	0,004	0,005	0,005	0,0006	0,91	0,91	0,88
8:0	0,089	0,014	0,014	0,014	0,0006	0,27	0,53	0,60
10:0	0,164	0,169	0,165	0,169	0,0034	0,28	0,73	0,24
12:0	0,137	0,136	0,132	0,142	0,007	0,97	0,50	0,01
14:0	2,459	2,899	2,801	2,846	0,071	0,53	0,89	0,27
14:0 iso	0,047	0,052	0,054	0,053	0,002	0,48	0,97	0,46
15:0	0,367	0,371	0,375	0,361	0,009	0,67	0,43	0,07
15:0 anteiso	0,177	0,176	0,195	0,183	0,004	0,62	0,86	0,30
15:0 iso	0,182	0,173	0,179	0,170	0,003	0,62	0,86	0,30
16:0	22,12	22,87	22,49	22,40	0,16	0,01	0,77	0,91
16:0 iso	0,178	0,176	0,174	0,170	0,003	0,71	0,35	0,02
17:0	0,791	0,798	0,791	0,766	0,115	0,52	0,47	0,79
17:0 iso	0,247	0,242	0,240	0,246	0,033	0,79	0,76	0,31
18:0	21,79	22,16	22,38	22,21	0,355	0,95	0,68	0,67
20:0	0,048	0,033	0,039	0,043	0,002	0,25	0,69	0,77
22:0	0,075	0,078	0,072	0,082	0,004	0,87	0,40	0,95

Desdobramento das interações

Caroço de algodão	Quitosana	
	0	0,136
	Ácido graxo 12:0	
Inteiro	0,149 ^a	0,124 ^a
Moído	0,114 ^b	0,158 ^a
EPM	0,013	0,015

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

A tabela 8 apresenta os resultados para os ácidos graxos monoinsaturados, presentes na carne de cordeiros Santa Inês, alimentados com caroço de algodão (inteiro e moído), com e sem a adição da quitosana.

Não houve efeito ($P>0,05$), da adição da quitosana na alimentação dos cordeiros, nem efeito do processamento do caroço de algodão nos ácidos graxos monoinsaturados, porém o ácido palmitoléico (C16:1) apresentou efeito quando houve a interação entre quitosana e caroço de algodão. Em estudos, Cooper et al. (2004) observaram que uma dieta mais completa pode sim alterar a porcentagem de C16:1 e C18:1.

Em estudos realizados por Goiri et al. (2010), observaram que a quitosana foi muito eficaz na inibição da biohidrogenação *in vitro* aumentando C18:1 e CLA, diminuindo a proporção de ácidos graxos saturados no rúmen, independentemente da fonte de ácido graxo dietético. No entanto, apesar de não ter dado diferença estatística ($P>0,05$), neste estudo, o ácido oleico apresentou médias inferiores ao encontrado na literatura (Madruga et al., 2005).

Tabela 8. Média dos valores dos ácidos graxos monoinsaturados de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
14:1 c9	0,078	0,064	0,069	0,073	0,002	0,68	0,95	0,21
16:1 c9	1,423	1,397	1,431	1,390	0,021	0,56	0,30	0,01
17:1	0,224	0,210	0,219	0,216	0,003	0,94	0,50	0,40
18:1 c9	36,43	35,33	35,89	35,84	0,282	0,43	0,79	0,57
18:1 c11	2,109	2,082	2,17	2,02	0,073	0,80	0,32	0,20
18:1 c12	1,094	1,071	1,097	1,067	0,033	0,71	0,69	0,27
18:1 c13	0,653	0,630	0,660	0,620	0,019	0,51	0,31	0,15
18:1 c15	0,144	0,138	0,141	0,142	0,005	0,68	0,87	0,45
18:1 t9	1,562	1,849	1,685	1,736	0,068	0,001	0,58	0,12
18:1 t16	0,463	0,458	0,456	0,465	0,008	0,46	0,87	0,16
20:1	0,032	0,037	0,036	0,034	0,002	0,15	0,64	0,50

Desdobramento das interações

Caroço de algodão	Quitosana	
	0	0,136
	Ácido graxo 16:1 c9	
Inteiro	1,496 ^a	1,349 ^b
Moído	1,369 ^a	1,427 ^a
EPM	0,038	0,046

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente ($P<0,05$) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

A tabela 9 apresenta os valores referentes aos ácidos graxos polinsaturados presentes na composição do músculo *Longíssimus lumborum* de cordeiros alimentados

com dietas com e sem a adição de quitosana. Não houve efeito ($P>0,05$) de interação nas dietas, com exceção do ácido rumênico (C18:2 c9t11). Apesar de não ter havido diferença estatística ($P>0,05$), foi observado que o ácido graxo essencial aracdônico (C20:4), teve tendência a aumentar quando adicionada quitosana na dieta. Com a deficiência de ácidos graxos essenciais, ocorre a dessaturação do esteárico (C18:0) em oleico (C18:1), e este ácido oleico pode ser dessaturado em 20:3 (eicosatrienólico), o que não foi observado no presente estudo.

De acordo com Goiri et al. (2010a), a diminuição da biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no rúmen induzida pela suplementação de quitosana refletidas na carne é incerto, mas se assim for, essas mudanças iriam melhorar as propriedades nutricionais dos produtos de ruminantes.

Tabela 9. Média dos valores dos ácidos graxos poliinsaturados de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
18:2 c9c12	3,972	4,064	3,896	4,156	0,108	0,51	0,53	0,58
18:2 c9t11	0,604	0,563	0,563	0,608	0,015	0,16	0,18	0,02
18:3	0,220	0,254	0,240	0,235	0,0007	0,06	0,16	0,59
20:2	0,007	0,015	0,010	0,012	0,0009	0,11	0,57	0,64
20:3	0,003	0,005	0,003	0,002	0,0005	0,47	0,71	0,96
20:4	1,029	1,011	0,964	1,081	0,049	0,75	0,55	0,69
20:5	0,102	0,104	0,096	0,112	0,006	0,92	0,57	0,66
22:5	0,210	0,197	0,193	0,215	0,011	0,65	0,79	0,70
22:6	0,027	0,032	0,029	0,031	0,008	0,53	0,78	0,98

Caroço de algodão		Quitosana	
		0	0,136
		Ácido graxo 18:2 c9t11	
Inteiro		0,576 ^a	0,548 ^a
Moído		0,550 ^b	0,662 ^a
EPM		0,028	0,033

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente ($P<0,05$) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

A tabela 10 apresenta os somatórios e razões dos principais ácidos graxos (AG) presentes na carne de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído e inteiro) com e sem adição de quitosana. Não houve efeito ($P>0,05$), para os somatórios e

razões dos principais AG da carne de cordeiros Santa Inês terminados em confinamento.

Guimarães et al. (2016) observaram efeito linear crescente para as variáveis somatórias dos ácidos graxos saturados (AGS), com maior concentração na dieta com 30% de casca de mandioca. O autor ressalta que, em cordeiros, os ácidos graxos poliinsaturados da dieta sofrem processo de biohidrogenação no rúmen, resultando na absorção de ácidos graxos saturados pelo intestino, o que explica a alta concentração de AGS e baixa relação de AGPI/AGS na carne ovina.

Os ácidos graxos de cadeia longa das famílias n-6 e n-3 são obtidos por meio da dieta e é de suma importância que estes ácidos sejam consumidos em proporções adequadas (duas partes ou menos de ômega 6 (n-6) para uma parte de ácido ômega 3(n3) (Senegalhe et al., 2014), o que foi encontrado em todas as dietas trabalhadas neste estudo, configurando em um produto com índices de qualidade para os humanos.

Tabela 10. Somatórios e razões dos principais ácidos graxos presentes na carne de cordeiros Santa Inês alimentados com caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana ¹		EPM	Valor-P ²		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
AGS	49,61	50,39	50,12	49,89	0,358	0,70	0,99	0,93
AGM	44,25	43,31	43,87	43,65	0,280	0,06	0,48	0,22
AGPI	6,132	6,301	6,005	6,457	0,189	0,37	0,08	0,99
AGPI/AG	0,125	0,126	0,121	0,131	0,017	0,27	0,52	0,77
S								
n3	0,558	0,588	0,558	0,592	0,159	0,31	0,91	0,92
n6	5,015	5,098	4,878	5,258	0,258	0,61	0,31	0,72
n6/n3	9,219	9,093	9,028	9,295	0,004	0,32	0,10	0,33

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média.

A composição de ácidos graxos é responsável diretamente por influenciar o aroma, a maciez e a maturação, bem como a oxidação da carne. A determinação do perfil de ácidos graxos é importante, principalmente para determinar o teor de ácidos graxos essenciais, saturados, poliinsaturados e, mais recentemente, os ácidos linolêicos conjugados (Senegalhe et al., 2014).

Tem-se observado, atualmente, grande interesse pela manipulação dos ácidos graxos na composição das carnes em geral. Isto se deve ao fato de que a carne é uma das principais fontes de gordura na dieta humana. O perfil de ácidos graxos na carne pode

variar consideravelmente entre animais, raças e dietas. Porém, é possível obter um perfil de ácidos graxos na carne mais saudável, por meio de seleção, genética e alteração da alimentação (Senegalhe et al., 2014).

4. CONCLUSÕES

As características da carcaça e a composição físico-química carne, bem como o rendimento dos cortes comerciais de cordeiros não são afetados pela forma de fornecimento do caroço de algodão e quitosana, na dieta. A quitosana aumenta os teores de ácido graxo essencial rumênico (18:2 c9t11) - isômero natural do ácido linoleico conjugado (CLA) - na carne de cordeiro, sendo este inibidor de várias etapas da carcinogênese mesmo em concentrações relativamente baixas da dieta humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACAMOVIC, T.; BROOKER, J.D. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. **The Proceedings of the Nutrition Society**, London, v.64, n.3, 2005. 403-412p.
- ALVES, D.D.; GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, v.6, n.3, 2005. 135-149p.
- ARAÚJO, R.P.; SOUZA, B.B.; ROBERTO, J.V.B.; DANTAS, N.L.B.; OLIVEIRA, G.J.C.; BATISTA, L.F.; CORDÃO, M.A. Medidas corporais e da carcaça de ovinos suplementados com diferentes níveis de sal forrageiro de faveleira. **Revista Científica de Produção Animal**, v.17, n.1, 2015.1-6p.
- BELANCHE, A.; MORALES, E.R.; NEWBOLD, C. J. **In vitro screening of natural feed additives from crustaceans, diatoms, seaweeds and plant extracts to manipulate rumen fermentation.** (wileyonlinelibrary.com) DOI 10.1002/jsfa. 7481, 2015.
- BLIGH, E.G. e DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.36, 1959. 911-917p.
- BOCCARD, R.; DRUMOND, B. L. Etude de la production de la viande chez le ovins and variation de l'importance relative de differents regions corporelles de l'agneaus de boucgerie. In: ANNALES DE ZOOTECHINE, 9., 1960, Paris. **Anais...** Paris, 1960. 355-365p.
- BONAGURIO, S.; PÉREZ, J.R.O.; GARCIA, I.F.F.; BRESSAN, M.C.; LEMOS, A.L.S.C. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.8, 2003. 1981-1991p.
- BRASIL, **Ministério da Pecuária e Abastecimento**. Instrução normativa n. 3, de 17 de Janeiro de 2000. Aprova o regulamento técnico de métodos de insensibilização para o abate humanitário de animais de açougue. 2000.
- BRESSAN, M.C., PRADO O.V.; PÉREZ J.R.O.; LEMOS, A.L.S.C.; BONAGURIO, S. Efeito do peso ao abate de cordeiros Santa Inês e Bergamácia sobre as características

físico-químicas da carne. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.293-303, 2001.

CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. **Metodología para el estudio de lalidad de la canal y de la carne en rumiantes**. Madri: INIA, 2000. 255p.

CARTAXO, F.Q.; CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H.; GONZAGA NETO, S.; PEREIRA FILHO, J.M, CUNHA, M.G.G. Características quantitativas da carcaça de cordeiros terminados em confinamento e abatidos em diferentes condições corporais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.4, 2009. 697-704p.

CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, F.F.; VELOSO, C.M.; SILVA, R.R.; SILVA, H.G.O.; BONOMO, P.; MENDONCA, S.S. Comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n. 9, 2004. 919-925p.

CEZAR, M.F.; SOUSA, W.H. Avaliação e utilização da condição corporal como ferramenta de melhoria da reprodução e produção de ovinos e caprinos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, 2007. 541-565p. (suplemento especial).

CRANWELL, C.D.; UNRUH, J.A.; BRETHOUR, J.R. et al. Influence of steroid implants and concentrate feeding on carcass an Longissimus muscle sensory and collagen characteristics of cull beef cows. **Journal of Animal Science**, v.74, 1996. 1777-1783p.

CRAVEIRO, A. A. **Quitosana: Fibra do Futuro**. Parque de Desenvolvimento Tecnológico, Editora Vasconcelos, Fortaleza, 1999. 37p.

CUNHA, M. G. G; CARVALHO, F. F. R.; GONZAGA NETO, S.; CEZAR, M. F. Características quantitativas de carcaça de ovinos Santa Inês confinados alimentados com rações contendo diferentes níveis de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, n.6, 2008. 1112-1120p.

DEMIREL, G.; OZPINAR, H.; NAZLI, B. et al. Fatty acids of lamb meat from two breeds fed different forage: concentrate ratio. **Meat Science**, v.72, n.2, 2006. 229-235p.

FELÍCIO, P.E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: REUNIAO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36,1999,

Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. 89-97p.

FERNANDES JÚNIOR, F.; RIBEIRO, E.L.A.; MIZUBUTI, I.Y.; SILVA, L.D.F.; BARBOSA, M.A.A.F.; PRADO, O.P.P.; PEREIRA, E.S.; PIMENTEL, P.G.; CONSTANTINO, C. Características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros Santa Inês alimentados com torta de girassol em substituição ao farelo de algodão. **Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.6, suplemento 2. 2013. 3999-4014p.

FREIRE, M.T.A.; NAKAO, M. Y.; GUERRA C. C.; . CARRER, C.C.; SOUZA, S.C.; TRINDADE, M.A. Determinação de parâmetros físico-químicos e de aceitação sensorial da carne de cordeiros proveniente de diferentes tipos raciais. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v.21, n.3, 2010. 481-486p.

FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; O'RIORDAN, E.G.; MONAHAN, F.J.; CAFFREY, P.J.; MOLONEY, A.P. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate based diets. **Journal of Animal Science**, v.78, n.5, 2000. 2849-2855p.

GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L. M. Effect of chitosan on mixed ruminal microorganism fermentation using the rumen simulation technique (Rusitec). **Animal Feed Science and Technology**, v.152, 2009. 92-102p.

GOIRI, I.; INDURAINA, G.; INSAUSTI, K.; SARRIES, V.; GARCIA-RODRIGUEZ, A. Ruminal biohydrogenation of unsaturated fatty acids in vitro as affected by chitosan. **Animal Feed Science and Technology**, v.159, 2010. 35-40p.

GOIRI, I.; INDURAINA, G.; INSAUSTI, K.; SARRIES, V.; GARCIA-RODRIGUEZ, A. Ruminal biohydrogenation of unsaturated fatty acids in vitro as affected by chitosan. **Animal Feed Science and Technology**, v.159, 2010a. 35-40p.

GOIRI, I.; OREGUI, L. M.; GARCIA-RODRIGUEZ, A. Use of chitosans to modulate ruminal fermentation of a 50:50 forage-to-concentrate diet in sheep. **Journal of Animal Science**, v.88, n.2, 2010b. 749-755p.

GRANDIS, F.A.; RIBEIRO, E.L.A.; MIZUBUTI, I.Y.; BUMBIERIS JUNIOR, V.H.; PRADO, O.P.P.; PINTO, A.P. Características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros alimentados com diferentes teores de torta de soja em substituição ao farelo de

soja. **Ciência Animal Brasileira**, v.17, n.3, 2016.

GUIMARÃES, G.S.; SILVA, F.F.; SILVA, L.L.; SILVA, R.R.; SIMIONATO, J. L.; DÁMASIO, J.M.A. Composição centesimal e de ácidos graxos do músculo *Longíssimus* de cordeiros confinados, alimentados com dietas contendo casca de mandioca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.5, 2016. 1325-1333p.

LIFENG, Q.; XU, Z.; JIANG, X.; HU, C.; ZOU, X. Preparation and antibacterial activity of chitosan nanoparticles. **Carbohydrate research**, v.339, 2004. 2693-2700p.

LOPES, S.L.; LADEIRA, M.M.; MACHADO NETO, O.R.; PAULINO, P.V.R.; CHIZZOTTI, M.L.; RAMOS, E.M.; OLIVEIRA, D.M. de. Características de carcaça e cortes comerciais de tourinhos Red Norte e Nelore terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.41, 2012. 970-977p.

LYON, C. E.; LYON, B. G.; DICKENS, J. A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, n.1, 1998. 53-60p.

MADRUGA, M.S.; SOUSA, W.H.; ROSALES, M.D.; CUNHA, M.G.G.; RAMOS, J.L.F. Qualidade da Carne de Cordeiros Santa Inês Terminados com Diferentes Dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, 2005. 309-315p.

MENEZES JUNIOR, E.L.; BATISTA, A.S.M.; LANDIM, A.V.; ARAÚJO FILHO, J.T.; HOLANDA JUNIOR, E.V. Qualidade da carne de ovinos de diferentes raças de reprodutores terminados sob dois sistemas de produção. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, Salvador, v.15, n.2, 2014. 517-527p.

MILTENBURG, G.A.J.; WENSING, T.H.; SMULDERS, F.J.M. et al. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. **Journal Animal Science**, v.70, 1992. 2766-2772p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: The National Academy Press, 2007. 362p.

NUERNBERG, K.; FISCHER, A.; NUERNBERG, G.; ENDER, K.; DANNENBERG,

D. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass versus concentrate. **Small Ruminant Research**, v.74, n.1-3, 2008. 279-283p.

OLIVEIRA, M. V. M. de; PÉREZ, J. R. O; ALVES, E. L; MARTINS, A. R. V; LANA, R. P. Rendimento de Carcaça, Mensurações e Peso de Cortes Comerciais de Cordeiros Santa Inês e Bergamácia Alimentados com Dejetos de Suínos em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, 2002. 1451-1458p. (suplemento).

PALMIQUIST, D.L. The feeding values of fat. In: World Animal Science. (Feedstuffs). Ed. E tribe, R. Orskov. Elssivier Science Publishres: The Netherlands. Cap. 12, 1988. 239-311p.

PEIXOTO, L.R.R.; BATISTA, A.S.M.; BOMFIM, M.A.D.; VASCONCELOS, A.M.; ARAÚJO FILHO, J.T. Características físico-químicas e sensoriais da carne de cordeiros de diferentes genótipos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.12, n.1, 2011. 117-125p.

PEREYRA, H.; LEIRAS, M.A. Comportamento Bovino de Alimentación, Rumia y Bebida. **Fleckvieh-Simental**, Buenos Aires, v.9, n. 51, 1991. 24-27p.

PINHEIRO, R.S.B.; JORGE, A. M.; MOURÃO, R.C.; POLIZEL NETO, A.; ANDRADE1, E. N.; GOMES, H. F. B. Qualidade da carne de cordeiros confinados recebendo diferentes relações de volumoso: concentrado na dieta. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.29, n.2, 2009. 407-411p.

PINHEIRO, R.S.B.; JORGE, A.M.; SOUZA, H.B.A.; BOIAGO, M.M. Coloração da gordura e qualidade da carne de ovelhas de descarte abatidas em distintos estágios fisiológicos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.2, 2010. 468-474p.

RENERRE, M. La couleur de la viande et sa mesure. Bulletin Technique. C.R.V.Z., Theix, I.N.R.A., v.47, 1982. 47-54p.

SENEGALHE, F.B. D.; MACEDO, F.A. F.; MORA, N.H.A.P.; GUALDA, T. P.; RADIS, A.C.; QUEIROZ, E.O.; MACEDO, F.G. Composição química da carne de cordeiros abatidos com diferentes espessuras de gordura subcutânea. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.15, n.3, 2014. 740-753p.

SILVA SOBRINHO, A.G.; OSÓRIO, J.C.S. **Aspectos quantitativos da produção de carne ovina**. 1ª ed. Jaboticabal: Funesp, 2005. 228p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM.SAS/STAT **User's Guide**. Version 9.2. Cary, NC: SAS Institute, 2009.

CAPÍTULO 03

Influência do caroço de algodão associado à quitosana no perfil metabólico sanguíneo e histopatologia do rim, fígado e rúmen de ovinos confinados

Influência do caroço de algodão associado à quitosana no perfil metabólico sanguíneo e histopatologia do rim, fígado e rúmen de ovinos confinados

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da associação do caroço de algodão e a quitosana na dieta de cordeiros sobre as concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos e histopatologia do rim, fígado e rúmen. Oitenta ovinos, da raça Santa Inês não castrados, com peso médio de $20,6 \pm 2,2$ kg, com 04 a 05 meses de idade foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial 2×2 , sendo avaliados dois níveis de quitosana e duas formas de caroço de algodão. As dietas experimentais foram: 1) Dieta sem adição de quitosana e caroço de algodão inteiro (CAI); 2) Dieta com inclusão de 136 mg de quitosana/kg de peso corporal e CAI; 3) Dieta sem adição de quitosana e caroço de algodão moído (CAM); 4) Dieta com inclusão de 136 mg de quitosana/kg de peso corporal e CAM. Com exceção da concentração sérica do colesterol que foi influenciado pelas dietas ($P < 0,05$), o caroço de algodão (inteiro ou moído), bem como a adição ou não da quitosana na dieta, não influenciaram os teores plasmáticos ($P > 0,05$) de ureia, creatinina, albumina, proteínas totais, globulina, triglicérides, glicose, ALT, AST e GGT. Houve presença de alterações degenerativas no tecido hepático como: congestão discreta a leve, degeneração hidrópica (centrolobular), esteatose microvacuolar (periportal) e infiltrado mononuclear (periportal) de moderado a intenso entre os tratamentos. A avaliação morfológica dos rins revelou maior intensidade do infiltrado inflamatório nos grupos sem adição da quitosana; esteatose mais acentuada na associação caroço de algodão moído e quitosana e menor grau de acantose e hiperkeratose paraceratótica nas dietas sem quitosana e com caroço inteiro. A associação da quitosana com o caroço de algodão, tanto moído como inteiro, pode ser utilizada na terminação dos animais sem comprometer a saúde animal.

Palavras-chave: inflamação, papilas ruminais, degeneração gordurosa, sangue, saúde animal

Influence of chitosan-associated cotton seed in the metabolic profile and histopathology of the confined sheep kidney, liver and rumen

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of cottonseed and chitosan in diets for lambs on the serum blood metabolites, histopathology of the kidney, liver and rumen, as well as on the ruminal morphometry. Eighty, Santa Inês lambs, with an average weight of 20.6 ± 2.2 kg, with 04 to 05 months old were assigned to a completely randomized design, with a 2 x 2 factorial arrangement, being evaluated two levels of chitosan and two forms of cottonseed. The experimental diets were: 1) Diet without addition of chitosan and whole cottonseed (WCS); 2) Diet with inclusion of 136 mg of chitosan / kg body weight and WCS; 3) Diet without addition of chitosan and ground cottonseed (GCS); 4) Diet with inclusion of 136 mg of chitosan / kg body weight and GCS. With the exception of the serum cholesterol concentration that was influenced by the diets ($P < 0,05$), the cottonseed (whole or ground), as well as the addition or not of chitosan in the diet, did not influence the plasma levels ($P > 0,05$) on the urea, creatinine, albumin, total proteins, globulin, triglycerides, glucose, ALT, AST and GGT levels. The main liver histopathological alterations were mild congestion, hydropic (centrilobular) degeneration, microvacuolar (periportal) steatosis and mononuclear (periportal) infiltration by lymphocytes and plasmocytes cells between treatments. Concerning renal tissue, congestion was also observed, but in the cortical-medullar and medullar regions, discrete hydropic multifocal degeneration, mononuclear infiltrate and cortical tubular necrosis. In the histological fragments of the rumen, moderate multifocal acanthosis in the mucosa, moderate multifocal parakeratotic hyperkeratosis and epithelial cell vacuolization (hydropic-vacuolar degeneration) with a focally extensive distribution in the rumen villus region in the diets without chitosan and with integral stone were observed. The morphometry of ruminal papillae (length, width and height) revealed no significant differences between treatments. The combination of chitosan and cottonseed, both ground and whole, can be used to terminate animals without compromising animal health.

Keywords: animal health, blood, inflammation, organs, ruminal morphometry

1. INTRODUÇÃO

A inclusão de ingredientes alternativos na dieta de animais podem causar desequilíbrios entre o consumo, a excreção e a metabolização dos nutrientes no tecido animal. A quebra deste equilíbrio (homeostase) leva à redução do desempenho zootécnico (González, 2000), além da possibilidade de doenças subclínicas de difícil percepção que podem limitar a produção animal (Roos, 2008).

Dentre diversos alimentos alternativos, o caroço de algodão apresenta grande destaque quando utilizado em dietas de confinamento para ovinos, pois ele possui teores de nutrientes de excelente qualidade, aproximadamente 14,1 a 26,2% de extrato etéreo, 14,8 a 28% de proteína e entre 30,1 a 48% de FDN (Rogério et al., 2003). Apesar de Beaudoin (1985) afirmar que a qualidade nutricional da semente de algodão é limitada pela presença de gossipol, um pigmento amarelo natural que pode causar anormalidade nas organelas celulares e interferir nos processos bioquímicos, esta limitação em ruminantes é rara e improvável, exceto quando são fornecidas quantidades superiores a 20% da dieta total (FAO, 1992).

O perfil de ácidos graxos do caroço de algodão é outro ponto importante a se destacar. É rico em ácido linoleico (C18:2), palmítico (16:0) e oleico (C18:1) com valores de 53,2%, 25,3% e 17,1%, respectivamente, enquanto os ácidos esteáricos (C18:0) e linolênicos (C18:3) estão presentes em teores inferiores a 3% (Palmquist et al., 1993), sendo portanto, mais de 70% de seus ácidos graxos insaturados (AGI).

Os microrganismos ruminais tendem a biohidrogenar os AGI e reduzir sua ação tóxica nas membranas externas de algumas bactérias. Diante disto, faz-se necessário associar o caroço de algodão com um aditivo que possa interferir esta biohidrogenação ruminal, visto que AGI é desejável no produto final dos ruminantes (leite e carne) (Berchielli et al., 2006).

Desta forma, destacou-se a quitosana, biopolímero atóxico e biodegradável. Segundo Craveiro et al. (1999), a quitosana adicionada à dieta tende a se ligar, seletivamente, a compostos específicos como colesterol, gorduras e íons metálicos, dificultando o acesso dos microrganismos ruminais aos ácidos graxos (diminuindo a biohidrogenação) e demais nutrientes (aumentando absorção de nutrientes no duodeno). Outro benefício que pode ser observado com a utilização da quitosana é o aumento da proporção de propionato e diminuição da produção de metano, o que se traduz em maior

eficiência energética para o ruminante (Goiri et al., 2009), crescimento das células do epitélio ruminal (Vair et al., 1960) e maior absorção de AGV totais, haja vista que aproximadamente 70% das exigências energéticas nesses animais podem ser atendidas pela absorção destes ácidos graxos de cadeia curta.

Neste contexto, buscando verificar a adequação dos nutrientes absorvidos, a funcionalidade de órgãos vitais, bem como uma possível nocividade ao animal, objetivou-se com a realização do presente estudo avaliar a influência do caroço de algodão inteiro ou moído associado à quitosana no perfil metabólico sanguíneo e morfologia do rim, fígado e rúmen de ovinos confinados.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local, animais e instalações

Esta pesquisa foi conduzida em conformidade com a legislação brasileira sobre a pesquisa com o uso de animais e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais, da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, número de protocolo 16/2016. O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, pertencente à Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da UFBA.

Foram utilizados 80 cordeiros não castrados da raça Santa Inês, com peso médio de $22,6 \pm 2,2$ kg de PC, idade de 04 a 05 meses, devidamente vermifugados, vacinados (raiva e clostridiose), suplementados (complexo vitamínico ADE) e, posteriormente, identificados. Os animais foram mantidos em regime de confinamento durante 90 dias, precedidos de 15 dias destinados à adaptação às instalações, às dietas e ao manejo diário. Nessa fase, receberam volumoso de feno de Tifton-85 *ad libitum*, e proporções crescentes das rações experimentais. Os animais estavam alojados em baias individuais, cobertas, com piso ripado e suspenso, com área/baia de 1 m^2 , equipadas com bebedouros e cochos de alimentação, de modo que houve acesso irrestrito à água e às dietas durante todo o período experimental

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), num experimento fatorial 2x2, sendo dois níveis de quitosana e duas formas de caroço de algodão. A fase experimental foi composta por três períodos consecutivos de 30 dias, para a coleta de

amostras e dados para a avaliação do metabolismo sanguíneo e histopatologia do rim, fígado e rúmen.

2.2 Dieta experimental e manejo

Utilizou-se uma dieta experimental padrão com 15% de caroço de algodão (%MS), formuladas para serem isonitrogenadas (15% de PB), (Tabela 1) segundo as recomendações do National Research Council (NRC, 2007), de modo a atender às exigências nutricionais para cordeiros com ganhos de peso estimados de 200g/dia. As dietas experimentais foram assim compostas: 1) Dieta apenas com caroço de algodão inteiro (CAI); 2) Dieta com inclusão de 136 mg de quitosana/kg de peso corporal e CAI; 3) Dieta apenas com caroço de algodão moído (CAM); 4), Dieta com inclusão de 136 mg de quitosana/kg de peso corporal e CAM. A quitosana utilizada continha 86,3% de desacetilação, uma densidade aparente de 0,33mg/mL e um pH de 7,9 (Polymar®). As dietas ofertadas diariamente foram pesadas em balança digital e o fornecimento era ajustado de forma que as sobras representassem aproximadamente 10% da quantidade de matéria seca fornecida. Durante todo período experimental, foram coletadas, semanalmente, amostras dos ingredientes e das dietas, as quais foram quarteadas, e posteriormente acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer a -20°C para posterior análise bromatológica.

Tabela 1. Composição percentual e bromatológica da dieta experimental padrão utilizada no confinamento dos cordeiros

Ingredientes (%MS)	Dieta
Feno de Tifton	50,00
Milho moído	18,40
Farelo de soja	14,50
Caroço de algodão	15,00
Ureia	0,60
Mistura mineral ¹	1,50
Nutrientes	
Matéria seca (% MN)	86,45
Matéria orgânica (% MS)	95,11
Matéria mineral (% MS)	4,89
Proteína bruta (%MS)	17,18
Extrato etéreo (% MS)	4,61
Fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (%MS)	41,74

Fibra em detergente ácido (% MS)	20,85
Hemicelulose (% MS)	20,90
Celulose (% MS)	17,88
Lignina (% MS)	2,97
Carboidratos totais (% MS)	72,89
Carboidratos não fibrosos (% MS)	31,15
Nutrientes digestíveis totais (% MS)	73,25

¹Níveis de garantia (por kg de produto): cálcio 120,00 g; fósforo 87,00 g; sódio 147,00 g; enxofre 18,00 g; cobre 590,00 mg; cobalto 40,00 mg; cromo 20,00mg;ferro 1.800,00 mg; iodo 80,00 mg; manganês 1.300,00 mg; selênio, 15,00 mg; zinco 3.800,00 mg; molibdênio 300,00 mg; flúor máximo 870,00 mg; Solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% mínimo - 95%.

Os cordeiros foram alimentados duas vezes ao dia, às 09h00min e às 16h00min horas, na forma de mistura completa, relação volumoso: concentrado de 50:50. O feno de capim Tifton-85 (*Cynodonsp*) foi moído em partículas de aproximadamente 5cm. O concentrado foi constituído de grão de milho moído, farelo de soja, ureia, suplemento mineral específico para ovinos e caroço de algodão (inteiro ou moído).

2.2 Parâmetros sanguíneos

Para a avaliação da influência da associação do caroço de algodão com a quitosana sobre o perfil metabólico, proteico, energético e hepático, foram colhidas dos animais amostras de sangue, por punção na veia jugular, no último dia do experimento. Para tal, após assepsia local, foram coletados 10 ml de amostra de sangue em tubos vacutainer sem anticoagulante, as quais foram mantidas à temperatura ambiente até a retração do coágulo. Em seguida, foi realizada a centrifugação a 3.500 rpm por 15 minutos para a obtenção do soro sanguíneo, sendo então armazenado em mini-tubos eppendorf® devidamente identificados e conservados em freezer a -20°C para análises.

As concentrações séricas de proteína total, determinada pelo método do biureto e de albumina, pelo método do verde de bromocresol foram realizadas utilizando-se kits comerciais e leitura em espectrofotômetro, com comprimentos de onda de 550 e 630 nm, respectivamente. O teor de globulinas foi calculado pela diferença matemática entre o teor de proteína total e albumina sérica, sendo os valores expressos em g/dL.

Os níveis séricos de ureia e creatinina foram determinados por sistema enzimático, utilizando-se kits comerciais e a leitura em espectrofotômetro com comprimento de onda de 600 nm, levando-se em consideração que 47% dessa é composta por nitrogênio.

As concentrações séricas de colesterol total e de triglicerídeos, utilizados para

avaliação do perfil energético, foram analisadas utilizando-se kits comerciais através da técnica enzimática colorimétrica, sendo a leitura feita em analisador bioquímico semiautomático, sendo os valores expressos em g/dL.

As atividades das enzimas para avaliação do metabolismo hepático, alanina-aminotransferase (ALT), aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamyltransferase (GGT) foram mensuradas por meio de análise colorimétrica, utilizando kits comerciais e leitura da atividade catalisadora foi efetuada em espectrofotômetro, com temperatura entre 20 e 30°C, e os valores foram expressos em UI/L.

2.4 Histologia de rim, fígado e rúmen

A obtenção dos fragmentos de rins, fígado e rúmen foi realizada após o abate, esvaziamento das vísceras e lavagem com água corrente. Para evitar alterações pós-morte e artefatos no material, as amostras foram imediatamente acondicionadas em recipiente com solução fixadora de formol neutro tamponado a 10% por um período mínimo de 24 horas. Após este período de fixação, o material passou pelo processo de desidratação em alcoóis a 70%, 80%, 90%, 100%, diafinização em solução de xilol I e II, embebição em parafina I e II, inclusão em parafina e microtomia (PROPHET et al, 1992). Foram obtidos cortes histológicos de 4µm corados pela técnica rotineira de Hematoxilina-Eosina (Luna, 1968) destinados a avaliação morfológica (alterações circulatórias, degenerativas-necróticas e inflamatórias) e morfométrica.

Para análise morfométrica foram avaliados fragmentos de rúmen, provenientes do saco ventral e dorsal, medindo 1cm²/amostra contendo papilas ruminais com estrutura morfológica preservada e sem artefatos. Foi utilizado o módulo de captura ICC50W (Leica®) acoplado ao microscópio DM500 (Leica®) para obtenção das imagens. Foram determinadas altura, largura e comprimento na região mediana das papilas ruminais no sentido latero-lateral segundo metodologia proposta por Wang et al. (2009). Essas medidas foram feitas com o auxílio do *software* ImageJ® (versão 2.0, NIH – USA, 2009). As análises do parênquima renal e hepático foram de caráter descritivo (visual).

2.5 Análises estatísticas

Os dados sanguíneos foram submetidos à análise de variância em um

delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos. Para testar o efeito dos tratamentos, os dados foram analisados pela função PROC MIXED do programa SAS (versão 9.1). Adotou-se um modelo fatorial 2x2 (efeito das formas de inclusão de caroço de algodão, de acordo com o processamento; e as dietas com e sem inclusão de quitosana como aditivo). Foram testados os efeitos da inclusão do processamento, inclusão da quitosana e da interação entre ambos. As médias dos tratamentos foram obtidas por meio do LSMEANS do pacote estatístico SAS 9.1. Adotou-se um nível de significância de 5% para todas as variáveis. O seguinte modelo foi utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + s_i + T_{ej} + s_i \times T_{ej} + e_{ijk}$$

μ = média; s_i = Efeito fixo do caroço de algodão; T_{ej} = Efeito aleatório da quitosana; $s_i \times T_{ej}$ = Efeito da interação entre o caroço de algodão e quitosana; e_{ijk} = Erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação histomorfométrica, bem como, dos perfis metabólicos, por meio de análises sanguíneas são ferramentas de extrema importância, sendo possível verificar a adequação dos nutrientes absorvidos, a funcionalidade de órgãos vitais, bem como uma possível nocividade ao animal (Sá et al. 2014). Com isso, foi observado que o caroço de algodão (inteiro ou moído) associado ou não à quitosana na dieta de cordeiros confinados, não influenciaram ($P>0,05$) os valores estudados no soro sanguíneo, com exceção para os valores séricos de colesterol onde houve interação ($P>0.002$) da utilização de caroço de algodão com quitosana, sendo a dieta apenas com caroço de algodão inteiro a de menor valor deste componente sérico (Tabela 2).

A concentração de ureia e creatinina observada demonstra que a relação entre os níveis de proteína e energia nas rações experimentais manteve-se equilibrada, visto que a concentração de ureia sanguínea está intimamente correlacionada à utilização da proteína na dieta, ao aporte energético da ração e à interação destes fatores (Sauberlich et al., 1981; Payne e Payne, 1987). Estes valores de dosagens de ureia e creatinina, dentro dos padrões de normalidade para a espécie, permitem inferir ausência de danos no funcionamento renal diante das dietas ofertadas no período experimental.

Valores similares de creatinina foram observados por Batista et al. (2009), realizando testes animais sadios que foram inseridos em um rebanho com conidiobolomiose, e obtiveram média de 0,831mg/dL para creatinina e 37,33 mg/dL, valores considerados viáveis para animais vivendo em características climáticas brasileiras.

Assim como ocorreu com Menezes et al., (2012), trabalhando com ovinos que receberam farelo de mamona destoxificado e garantindo dietas isonitrogenadas, não se obteve influência significativa sobre os níveis de ureia no plasma sanguíneo, entretanto, os valores estavam acima dos ideais para espécie trabalhada (683 mg/dL). Logo, acredita-se que houve um desequilíbrio na relação de energia/proteína devido à deficiência no consumo de energia pelos animais. Esta hipótese pode ser suportada pela existência de gliconeogênese no fígado a partir dos aminoácidos, com posterior aumento dos níveis séricos de amônia, que é transformada em ureia. Desta forma, há incremento de ureia circulante, além de gasto energético na metabolização desta no fígado (Huntington e Archibeque, 1999).

Tabela 2. Média dos valores sanguíneos de ureia (mg/dL), creatinina (mg/dL), proteínas totais (Proteínas t.), albumina, globulina (g/dL), colesterol (mg/dL), triglicerídeo (mg/dL), glicose (mg/dL) e as enzimas hepáticas GGT, ALT e AST (U/L) em cordeiros Santa Inês alimentados caroço de algodão (moído ou inteiro) com/sem adição de quitosana (136mg de quitosana/Kg de PV)

Item	Caroço de algodão		Quitosana		EPM	Valor-P*		
	Inteiro	Moído	0	0,136		P	Q	PxQ
Ureia	39,8	40,0	40,2	39,5	1,081	0,93	0,75	0,98
Creatinina	0,79	0,82	0,82	0,83	0,013	0,21	0,17	0,46
Proteínas t.	7,0	7,2	7,0	7,4	0,057	0,18	0,33	0,14
Albumina	3,0	3,0	3,0	3,0	0,050	0,30	0,44	0,69
Globulina	4,0	4,1	4,0	4,3	0,059	0,20	0,43	0,23
Colesterol	69,3	68,9	75,2	67,8	1,169	0,88	0,03	0,002
Triglicerídeo	35,7	35,5	36,5	34,7	1,430	0,31	0,50	0,94
Glicose	68,5	70,5	68,8	70,1	0,962	0,95	0,53	0,20
GGT	54,9	54,3	56,6	52,6	1,145	0,81	0,09	0,73
ALT	18,9	18,0	18,9	18,0	0,580	0,30	0,69	0,75
AST	81,5	80,9	81,3	81,1	1,282	0,83	0,90	0,84
Desdobramento da Interação								
Caroço de algodão				Quitosana				
				0		0,136		
				Colesterol				
Inteiro				63,4 ^{Bb}		75,2 ^{Aa}		
Moído				70,1 ^{Aa}		67,8 ^{Bb}		
EPM				2,17		2,17		

¹Quitosana utilizada em mg/kg de peso vivo); ²Valor de probabilidade para os efeitos de processamento do caroço (P), quitosana (Q) e interação entre P x Q. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente. EPM = Erro padrão da média. Proteínas t. = Proteínas totais; GGT = gama-glutamilttransferase; ALT = alanina- aminotransferase ; AST = aspartato-aminotransferase

A mensuração da concentração de proteínas totais, albuminas e globulinas possibilitam a avaliação do perfil proteico e, neste estudo, também se mantiveram dentro da faixa descrita como ideal por alguns autores (Kaneko et al., 2008; Batista et al., 2009). Da mesma forma, os teores de glicose e triglicerídeos também se encontraram de acordo com a literatura (Kaneko et al., 2008).

Os valores séricos das enzimas hepáticas ALT e AST (60-280 U/L) se mantiveram dentro da normalidade em todos os grupos avaliados (Kaneko et al., 2008; Batista et al., 2009). Estas enzimas são utilizadas como indicadores de lesão no fígado, resultando no aumento da permeabilidade dos hepatócitos (González e Silva, 2006). Apenas os valores médios da enzima GGT, se encontravam no limite superior no grupo CAM com quitosana e discretamente aumentada nos demais grupos, dos valores considerados normais pela literatura (20- 52 U/L) (Kaneko et al., 2008). A avaliação morfológica do parênquima

hepático revelou esteatose e inflamação periportal, cuja intensidade variou de discreta a leve (Tabela 3), sendo insuficiente para causar alteração clínica ou funcional do órgão, mas estímulo suficiente para resultar em elevação das concentrações de GGT, enzima relacionada a integridade de ductos biliares. Franciscato et al. (2006) demonstraram elevação da enzima GGT até mesmo em discretos níveis subclínicos de disfunção hepática. Porém, segundo Tennant, (1997), sua atividade é relativamente alta no fígado de bovinos, equinos, ovinos e caprinos.

As dietas influenciaram significativamente ($P > 0,05$), na concentração sérica de colesterol. Contudo, os valores encontrados estão dentro do intervalo considerado normal para a espécie (50-76 mg/dL) pela literatura consultada (Kaneko et al., 2008), não existindo déficits no metabolismo energético animal, o que infere que não há excesso de mobilização de reservas adiposas corporais (Rodrigues et al., 2010; Homem Junior et al., 2010). Também foi observado uma redução nos teores de colesterol nos animais que receberam apenas CAI, sendo esta dieta que ocasionou menor metabolização das reservas corpóreas dos animais (Beaudoin, 1985).

A avaliação dos fragmentos histológicos de parênquima hepático, corados em Hematoxilina e Eosina, revelaram presença de discreta esteatose microvacuolar predominantemente periportal em todos os tratamentos, com maior intensidade nos animais que receberam caroço de algodão moído com a adição de quitosana (Figura 1). Foi observado também, infiltrado inflamatório mononuclear e multifocal, composto por linfócitos e plasmócitos, localizado predominantemente na região periportal, em todos os tratamentos. Contudo a intensidade desta inflamação era menor (discreta) nos grupos que utilizaram quitosana e maior (leve) nos grupos sem adição de quitosana (Figura 1). Ainda pode ser observada congestão multifocal variando de discreta a leve em todos os grupos analisados (Tabela 3).

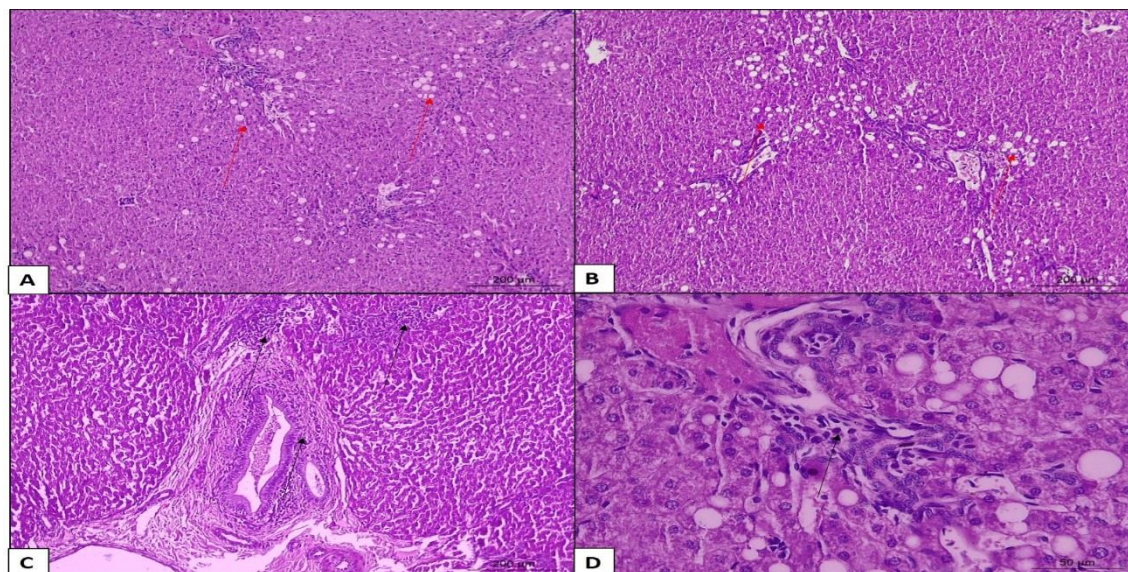


Figura 1. Fotomicrografias do parênquima hepático de ovinos, Santa Inês, submetidos a dieta de caroço de algodão com e sem adição de quitosana. HE. A e C. Grupo sem adição de quitosana. Notar em A, leve esteatose microvacuolar periportal multifocal (setas vermelhas); em C, observar leve infiltrado inflamatório periportal (setas pretas). Obj. 10x. **B e D.** Grupo com adição de quitosana. B, moderada esteatose microvacuolar periportal multifocal (setas vermelhas). Em D, discreto infiltrado inflamatório mononuclear periportal (seta preta). Obj. 10x; 40x.

A esteatose hepática é uma lesão degenerativa e reversível, que se caracteriza pelo acúmulo de triglicerídeos no citoplasma de hepatócitos. A forma macrovacuolar caracteriza-se pela presença de grande vacúolo de gordura, que desloca o núcleo para a periferia, em anel de sinete. Pode ainda ser classificada como esteatose microvacuolar, representada por numerosos pequenos vacúolos citoplasmáticos com núcleo centralmente localizado, podendo coexistir as duas formas (Cal, 2009).

O processamento do caroço de algodão tem como consequência a exposição da amêndoa do grão, na qual se encontra a maior porção da gordura presente deste ingrediente. Consequentemente, a alta disponibilidade de gordura no organismo em períodos prolongados, superior à taxa de absorção e metabolização no fígado. Isto pode ter contribuído para o desenvolvimento da esteatose microvacuolar no tratamento com caroço de algodão moído e quitosana, quando comparadas com as demais dietas, nas quais a biodisponibilidade do extrato etéreo será mais lenta, mediante o processo de ruminação, ocorrendo a desintegração do grão e disponibilidade da gordura, que por hora, estava protegida pelo tegumento da semente.

Neste contexto, pode-se afirmar de acordo com este estudo, que dietas com relação volumoso: concentrado de 50:50, quando fornecido o caroço de algodão associado ou não

a quitosana, podem resultar em degeneração gordurosa no fígado de cordeiros em confinamento, o que corrobora o estudo feito por Abou-Donia et al. (1970) onde afirmam que o ponto de ação do gossipol, pigmento polifenólico encontrado no caroço de algodão, é o fígado. Entretanto, essas lesões hepáticas, no presente estudo, foram focais e com intensidade discreta e não resultaram em sinais clínicos influenciáveis no desempenho dos animais em 90 dias de confinamento ou em alterações macroscópicas significativas, que inviabilizassem a sua comercialização.

O processo inflamatório observado na região periportal do parênquima hepático de todos os animais, pode ser resultado da ação do gossipol. De acordo com Carvalho et al. (2013), o uso de gossipol leva a alteração do ciclo redox da glutathiona reduzida (GSH) e do metabolismo celular do fígado de ratos, estimulando a inflamação neste órgão bem como a degeneração dos hepatócitos. Este ciclo redox tem a função de minimizar as lesões nas células que ocorrem quando a mesma está em estresse oxidativo (Robins et al., 2005). Este processo inflamatório já seria um estímulo suficiente para ocasionar o aumento da GGT, enzima relacionada à integridade de ductos biliares.

Contudo, foi observada uma menor intensidade (discreta) do processo inflamatório nos grupos que foi utilizado quitosana. Estudos mostram que o tratamento com quitosana em ratos com osteoartrite ocasionou o aumento da produção de interleucina 10 (IL-10) e inibição de óxido nítrico sintetase (iNOS), caracterizando assim as propriedades anti-inflamatórias deste oligossacarídeo (Kong et al., 2017). A IL-10 é uma citocina que possui como característica inibir as respostas imunes, inata e adaptativa do hospedeiro, suprimindo macrófagos, células Natural Killer (NK), células dendríticas, linfócitos Th1 e Th2, reduz a produção de interleucina 17, interleucina 6, diminuindo a produção de óxido nítrico, entre outras. Já a enzima iNOS é responsável pela síntese de óxido nítrico pelos macrófagos, estes possuem ação antimicrobiana produzindo citocinas pró-inflamatórias e desencadeando todo o processo de inflamação no organismo afetado. A produção contínua de óxido nítrico permite que as células macrofágicas destruam bactérias, fungos, protozoários e alguns helmintos, sendo produzidas logo no início da inflamação (Tizard, 2014).

Nas secções histológicas dos rins, coradas em Hematoxilina e Eosina, observou-se no interstício processo inflamatório mononuclear multifocal moderado com predominância de linfócitos, por vezes plasmócitos e macrófagos (Figura 2). A reação

inflamatória na região da pelve renal foi mais intensa e evidente nas dietas sem quitosana (Figura 2). Também foram visualizados focos de necrose tubular cortical e leve a moderada congestão córticomédular e medular em todos os tratamentos (Figura 2) (Tabela 3), o que pode ter sido resultado da presença do pigmento gossipol existente no caroço de algodão, visto que em todas as dietas foram encontrados processos inflamatórios.

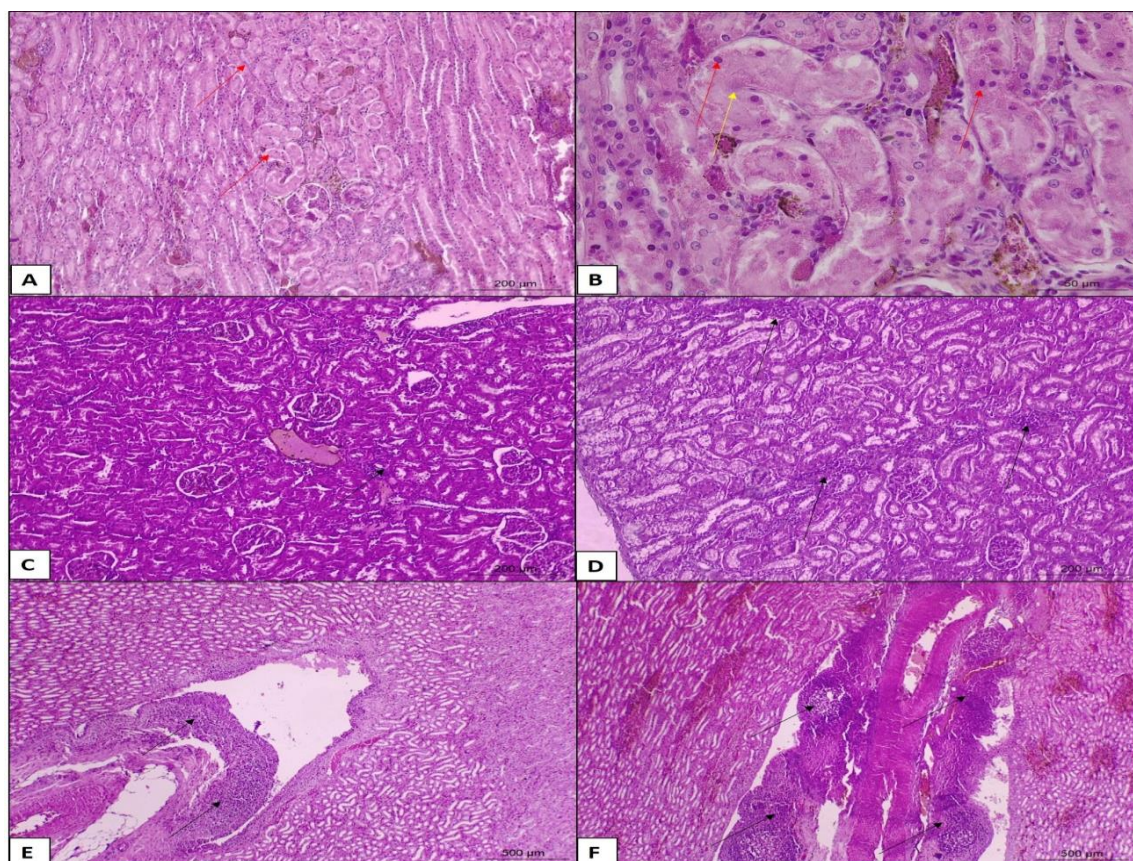


Figura 2. Fotomicrografias do parênquima renal de ovinos, Santa Inês, submetidos a dieta de caroço de algodão com e sem adição de quitosana. HE. A e B. Necrose de coagulação dos túbulos renais (setas vermelhas). Notar em B, núcleos em picnose (setas vermelhas) e cariorrexia (seta amarela). Obj. 10x; 40x, respectivamente. **C e E.** Grupo com adição de quitosana. Discreto infiltrado inflamatório intersticial (nefrite intersticial – seta preta) e em pelve renal. Obj. 10x; 4x, respectivamente. **D e F.** Grupo sem adição de quitosana. Leve infiltrado inflamatório intersticial (nefrite intersticial – setas pretas) e intenso infiltrado inflamatório em pelve renal. Obj. 10x; 4x, respectivamente.

Os resultados deste experimento corroboram os estudos feitos por Jing et al. (1997) e Chou et al. (2015), onde observaram que a quitosana tem capacidade em reduzir a inflamação em pacientes com doença renal, o que comprova o caráter anti-inflamatório da quitosana.

Tabela 3. Achados do exame histopatológico do fígado e rim de ovinos submetidos à dieta contendo caroço de algodão (integrado ou moído) associado ou não a quitosana (136mg/Kg de PV)

Histopatologia	SEM QUIT		COM QUIT	
	CAI ¹	CAM ²	CAI	CAM
Fígado				
Congestão discreta a leve	+	+	+	+
Esteatose microvacuolar (periportal)	+	+	+	2+
Infiltrado mononuclear (periportal)	2+	2+	+	+
Rim				
Congestão corticomedular e medular	+	+	+	+
Necrose tubular cortical	+	+	+	+
Infiltrado mononuclear	2+	2+	+	+

¹Caroço de algodão inteiro; ²Caroço de algodão moído; (+) Presente; (-) Ausente.

Em avaliação de fragmentos histológicos de rúmen, foi observado, na mucosa acantose multifocal moderada, hiperqueratose paraceratótica multifocal moderada e vacuolização das células epiteliais (degeneração hidrópico-vacuolar) com distribuição focalmente extensa na região das vilosidades ruminais, nas dietas sem quitosana e com caroço inteiro. A dieta com caroço de algodão moído + 136mg de quitosana/kg de PC apresentou as mesmas alterações, contudo, em menor intensidade (Figura 3) (Tabela 4), característica que, teoricamente, facilitaria a absorção de ácidos graxos voláteis (AGV) e maior disponibilidade de energia para o animal com relação às demais dietas.

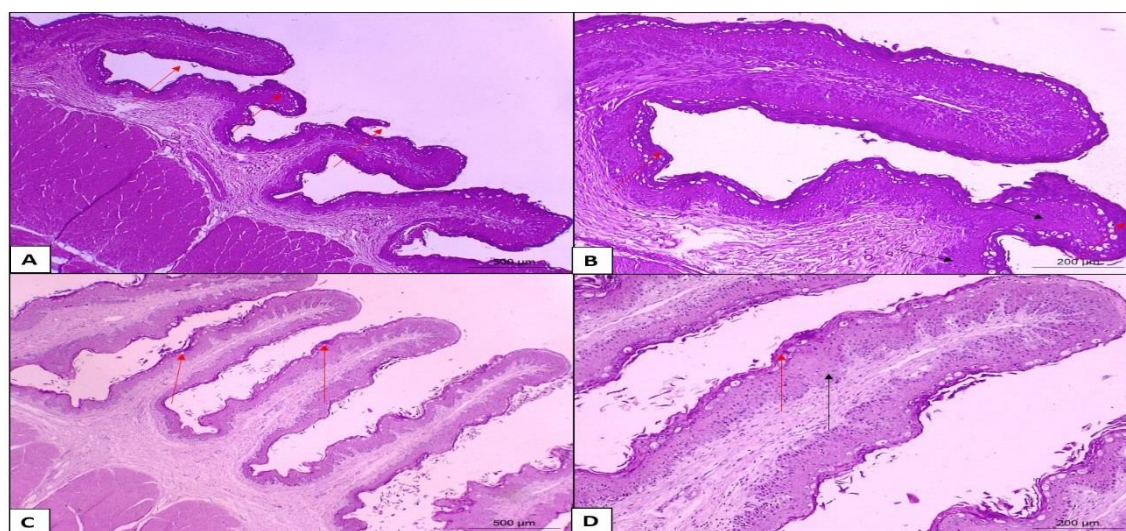


Figura 3. Fotomicrografias do rúmen de ovinos, Santa Inês, submetidos a dieta de caroço de algodão com e sem adição de quitosana. HE. **A e B.** Grupo sem adição de quitosana. Vilosidades ruminais com moderada acantose (setas pretas) e hiperqueratose paraceratótica (setas vermelhas). Notar células epiteliais vacuolizadas (degeneração hidrópico-vacuolar). Obj. 4x; 10x, respectivamente. **C e D.** Grupo com adição de quitosana. Vilosidades ruminais com discreta acantose (setas pretas) e hiperqueratose paraceratótica (setas vermelhas). Notar células epiteliais vacuolizadas (degeneração hidrópico-vacuolar). Obj. 4x; 10x, respectivamente.

Tabela 4. Achados do exame histopatológico do rúmen de ovinos submetidos à dieta experimental

Histopatologia	SEM QUIT		COM QUIT	
	CAI ¹	CAM ²	CAI	CAM
Acantose	++	++	++	+
Hiperqueratose	++	++	++	+
Degeneração hidrópica multifocal	++	++	++	+

¹Caroço de algodão inteiro; ²Caroço de algodão moído; (+) Presente; (-) Ausente.

A acantose se caracteriza por aumento no número de células das camadas basal e espinhosa do epitélio, já a hiperqueratose é a hiperplasia do epitélio, caracterizada por aumento na espessura da camada córnea (Maxie et al., 2008), sendo estes achados frequentes em bovinos alimentados com dietas ricas em concentrados. Desta forma, não se esperava acantose e hiperqueratose acentuada no rúmen dos animais avaliados neste estudo, já que a relação volumoso:concentrado era de 50:50, ademais na porção de concentrado havia 15% de caroço de algodão, que possui elevado teor de fibra em detergente neutro (FDN). Cabe ressaltar, porém a redução da intensidade destas características nos animais submetidos à dieta com associação de quitosana.

Apesar das alterações observadas na análise morfológica do rúmen, a avaliação morfométrica das papilas ruminais não apresentou diferença entre os tratamentos com relação as variáveis comprimento, largura e área (Tabela 5).

Tabela 5. Mensuração média das papilas ruminais com relação aos tratamentos.

Tratamentos	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Área (mm ²)
CAI ¹	1,51 ± 0,28	0,44 ± 0,07	6,33 ± 1,24
CAM ²	1,65 ± 0,42	0,38 ± 0,07	7,18 ± 3,04
QUIT ³	1,54 ± 0,37	0,45 ± 0,11	7,12 ± 2,27
S/ QUIT ⁴	1,21 ± 0,41	0,38 ± 0,03	4,83 ± 2,17
Valor-P ⁵	0,360	0,303	0,265

¹CAI = Caroço de algodão inteiro; ²CAM = Caroço de algodão moído; ³Quitosana utilizada em 0,136 mg/kg de peso vivo; ⁴0 de quitosana; ⁵Valor de probabilidade. Médias seguidas de letras diferentes diferem estatisticamente (P<0,05) entre si. Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente.

4. CONCLUSÕES

O perfil metabólico sanguíneo de cordeiros submetidos ao caroço de algodão em associação à quitosana não sofre alteração, a exceção da redução do colesterol observado apenas na utilização do caroço de algodão inteiro na dieta.

A associação do caroço de algodão moído com quitosana promove uma discreta esteatose microvacuolar periportal, importante redução na intensidade dos processos inflamatórios no parênquima hepático e renal, bem como, da hiperqueratose, acantose e degeneração hidrópica no epitélio ruminal, favorecendo uma melhor absorção de nutrientes, sem contudo, alterar a morfometria das papilas ruminais.

A associação da quitosana com o caroço de algodão inteiro pode ser utilizada na terminação dos animais sem comprometer a saúde animal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABOU-DONIA, M. B.; LUMAN, C. M.; DIECKERT, J. W. Metabolite fate of gossypol: The metabolism of C-gossypol in rats. **Lipids**, v.5, 1970. 939p.

ÁLVAREZ-RODRÍGUEZ, J.; MONLEÓN B, E.; SANZ, A.; BADIOLA, J. J.; JOY, M. Rumen fermentation and histology in light lambs as affected by forage supply and lactation length. **Research in Veterinary Science**, 2012.

AMARAL, C. M. C.; SUGOHARA, A.; RESENDE, K. T.; MACHADO, M. R. F.; CRUZ, C. Performance and ruminal morphologic characteristics of Saanen kids fed ground, pelleted or extruded total ration. **Samal Ruminant Research**, v.58, 2005.

BATISTA, M. do C. de S.; CASTRO, R.S. de.; REGO, E.W.; CARVALHO, F.A. de.; SILVA, S.M.M.S.; CARVALHO, C.C.D.; RIET-CORREA, F. Hemograma, proteinograma, ionograma e dosagens bioquímicas e enzimáticas de ovinos acometidos por conidiobolomiose no Nordeste do Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.29, 2009.17-24p.

BEAUDOIN, A. R. The embriotoxicity of gossypol. **Teratology**, v. 32, p.251 – 257, 1985.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 1. ed. Jaboticabal: FUNEP. 2006.583p.

CAL, L.; BORTEIRO, C.; BENECH, A.; RODAS, E.; ABREU, M.N.; CRUZ, J.C.; GONZÁLEZ MONTAÑA, J.R. Histological changes of the liver and metabolic correlates in ewes with pregnancy toxemia. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.61, n.2,2009.306-312p.

CARVALHO, W. L. D.; MAIOLI, M. A.; MENDES, L. C. N.; ROZZA, D. B.; MINGATTO, F. E. Mecanismos da intoxicação do fígado de rato causada pelo gossypol. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, 2013. 339-344p.

CHOU, C. K.; LI, Y. C.; CHEN, S. M.; SHIH, Y. M.; LEE, J. A. Chitosan prevents gentamicin-induced nephrotoxicity via a carbonyl stress-dependent pathway. **BioMed Research International**, 2015.

CRAVEIRO, A. A. **Quitosana: Fibra do Futuro**. Parque de Desenvolvimento Tecnológico, Editora Vasconcelos, Fortaleza, 1999. 37p.

FAO. Food Agriculture Organization United Nations. Tropical feeds. 3.0. Oxford: Oxford Computer Journals, 1992. Disponível em: <<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/AGA/AGAP/FRG/TFEED8/index.htm>>. Acesso em 13 de julho de 2017.

FRANCISCATO, C.; LOPES, S. T. A.; VEIGA, A.; MARTINS, D. B.; EMANUELLI, M. P.; OLIVEIRA, L. S. S. Atividade sérica das enzimas AST, CK e GGT em cavalos Crioulos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.41, n.10, 2006. 1561-1565p.

GOIRI, I.; GARCIA-RODRIGUEZ, A.; OREGUI, L.M. Effect of chitosans on in vitro rumen digestion and fermentation of maize silage. **Animal Feed Science and Technology**, v.148, 2009. 276-287p.

GONZÁLEZ, F.H.D. E SILVA, S.C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2006. 358p.

GONZÁLEZ, F.H.D. Uso de perfil metabólico para determinar o status nutricional em gado de corte. In: González, F.H.D.; Barcellos, J.; Patiño H.O. e Ribeiro, L.A. (Eds.). **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2000. 63-74p.

HOMEM JR, A.C.; EZEQUIEL, J.M.B.; GALATI, R.L.; GONÇALVES, J. S.; SANTOS, V. C.; SATO, R.A. Grãos de girassol ou gordura protegida em dietas com alto concentrado e ganho compensatório de cordeiros em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, 2010. 563-571p.

JING, S. B.; LI, L.; JI, D.; TAKIGUCHI, Y.; YAMAGUCHI, T. Effect of chitosan on renal function in patients with chronic renal failure. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v.49, n.7, 1997. 721-723p.

KANEKO, J.J.; HARHEY, I.W. AND BRUSS, M.L. **Clinical biochemistry of domestic animal**. Academic Press. San Diego. 2008. 928p.

LUNA, L. G. Manual of histologic staining methods of the armed forces institute of

pathology, 3rd edn. McGrawHill, New York, NY. 1968.

MAXIE, M.G. Jubb, Kennedy and Palmer's. Pathology of Domestic Animals. 5^a ed., Saunders Elsevier: Philadelphia, v.3, 2008.

MENEZES, D.R.; COSTA, R. G.; ARAÚJO, G.G.L.; PEREIRA, L.G.R.; OLIVEIRA, P.T.L.; SILVA, A.E.V.N; VOLTOLINI,T.V.; MORAES, S.A. Parâmetros sanguíneos, hepáticos e ruminais de ovinos alimentados com dietas com farelo de mamona destoxificado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, n.1, 2012.103-110p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of small ruminants**. Sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.: The National Academy Press. 2007. 362p.

NÓBREGA,G. H.; CÉZAR, M. F.; SOUSA, O. B; PEREIRA FILHO, J. M.; SOUSA, W. H.; CUNHA. M.G.G.; CORDÃO, M. A.; FERREIRA, R. C.; SANTOS, J.R. S. Regime alimentar para ganho compensatório de ovinos em confinamento: desempenho produtivo e morfometria do rúmen e do intestino delgado. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.5, 2014. 1522-1530p.

PALMIQUIST, D.L. The feeding values of fat. In: World Animal Science (Feedstuffs). Ed. E tribe, R. Orskov. Elssivier Science Publishres: The Netherlands. Cap.12, p.239-311, 1993.

PAYNE, J.M., PAYNE, S. The Metabolic Profile Test. Oxford University Press. New York, 1987.

PROPHET, E.M.; MILLIS, B.; ARRINGTON, J.B; SOBIN, H.L. **Laboratory methods is histotecnology**. Washington D.C.: American Registry of Pathology, 1992. 265p.

RASBAND, W. S. ImageJ. Bethesda, MD, USA: U.S. **National Institutes of Health**. 2009.

ROBBINS, S.; KUMAR, V.; ABBAS A.K. Robbins e Cotran Patologia: bases patológicas das doenças. 7^a ed. Elsevier, Rio de Janeiro. p. 1592, 2005.

RODRIGUES, M. R. C.; RONDINA, D.; ARAÚJO, A. A.; ARRUDA, I. J.; SILVA, L. M.; NUNES-PINHEIRO, D. C.; FERNANDES, A. A. Utilização do bagaço de caju (*Anacardium occidentale*) na alimentação de Cordeiros do desmame à puberdade:

respostas metabólicas, hormonais e sexuais. **Ciência Animal**, v.20, n.1,2010 17-26p.

ROGÉRIO, M. C. P.; BORGES, I.; SANTIAGO, G. S.; TEIXEIRA, D. A. B. Uso do caroço de algodão na alimentação de ruminantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 6, 2003.75-80p.

ROOS, T.B.; VENDRAMIN, L.; SCHWENGLER, E.; GOULART, M.A.; QUEVEDO, P.S.; SILVA, V.M.; VERDE, P.M.L.; DEL PINO, F.A.B.; TIMM, C.D.; GIL-TURNES, C. E CORREA, M.N. Avaliação de parâmetros do perfil metabólico e do leite em diferentes categorias de vacas leiteiras da raça Jersey em rebanhos do Sul do Rio Grande do Sul. **Veterinária Foco**, v.5, 2008.121-130. 2008p.

SÁ, H.M. de; TELES, T.L.; BORGES, I.; MACÊDO JÚNIOR, G. de L.; SILVA, S.P. da. Perfil metabólico em ovinos alimentados com inclusões crescentes da torta do babaçu na dieta. **Veterinária Notícias**, v.20, n. 2, 2014.48-56p.

SAUBERLICH, H.E., SKALA, J.H., DOWDY, R.P. Laboratory tests for the assessment of nutritional status. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL, USA, 1981.

SCARPINO, F.B.O.; EZEQUIEL, J.M.B.; SILVA, D.A.V.; VAN CLEEF, E.H.C.B. Óleo de soja e óleo de soja residual em dietas para ovinos confinados: parâmetros sanguíneos. **Archivos de Zootecnia**, v.63, n.241, 2014. 207-210p.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM.SAS/STAT **User's Guide**. Version 9.2. Cary, NC: SAS Institute, 2009.

TIZARD, I. R. **Imunologia veterinária**. 9ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

VAIR, C.; WARD, G.M.; FRANDSON, R.D.; FLAMBOE, E. E. Influence of sodium salts of volatile fatty acids on rumen development in the young calf. **Journal of Dairy Science**, v.43, 1960. 890p.