



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAUDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E SAÚDE ANIMAL

Débora Gomes de Sousa Araújo

Qualidade da Carne de Cordeiros Alimentados com Dietas contendo Líquido da
Casca da Castanha de Caju - LCC

Patos-PB
2021

Débora Gomes de Sousa Araújo

Qualidade da Carne de Cordeiros Alimentados com Dietas contendo Líquido da Casca da Castanha de Caju - LCC

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Saúde Animal.

Prof^o Dr. José Morais Pereira Filho
Orientador

Prof^o Dr. Leilson Rocha Bezerra
Coorientador

Dra. Juliana Paula Felipe de Oliveira
Coorientadora

Patos-PB
2021

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA DO CSTR

A663q Araújo, Débora Gomes de Sousa
 Qualidade da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo
 líquido da casca da castanha de caju – LCC / Débora Gomes de Sousa
 Araújo. – Patos, 2021.
 80f.

 Dissertação (Mestrado em Ciência e Saúde Animal) - Universidade
 Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2021.

 Orientação: Prof. Dr. José Morais Pereira Filho
 Coorientação: Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra
 Dra. Juliana Paula Felipe de Oliveira

 Referências.

 1. Ácidos graxos. 2. Consumo. 3. Oleaginosas. 4. Óleos funcionais.
 I. Título.

CDU 576.8:619



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM CIENCIA E SAUDE ANIMAL
Rua Aprígio Veloso, 882, - Bairro Universitário, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

**FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES
DÉBORA GOMES DE SOUSA ARAÚJO**

**QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS ALIMENTADOS COM DIETAS
CONTENDO LÍQUIDO DA CASCA DA CASTANHA DE CAJU - LCC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Saúde Animal.

Aprovada em: 25/02/2021

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. José Morais Pereira Filho (Orientador - PPGCSA/UFCG)
Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra (Coorientador - PPGCSA/UFCG)
Prof. Dr. Marcos Jácome de Araújo (Examinador Externo - UFPI)
Prof. Dr. Ariovaldo Nunes de Medeiros (Examinador Externo - UFPB)



Documento assinado eletronicamente por **LEILSON ROCHA BEZERRA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 25/02/2021, às 11:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **JOSE MORAIS PEREIRA FILHO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/02/2021, às 12:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **1299506** e o código CRC **B331B4DB**.

Referência: Processo nº 23096.002612/2021-53 SEI nº 1299506

Que darei eu ao Senhor por todos os benefícios que me tem feito?

(Salmos 116:12)

Não pare nunca de plantar suas sementes porque você não sabe qual delas vai crescer, se esta ou aquela, ou se ambas vão crescer.

(Eclesiastes 11:6)

DEDICATÓRIA

A Deus que é o autor de todas as coisas, aos meus pais, Nilvanda Gomes e Antônio Laurindo que me ajudaram em tudo que precisei e jamais deixaram de me incentivar e motivar, aos meus sogros Erivaldo Simões e Celiane Araújo que por todo carinho e ajuda, ao meu amado esposo Jailson Araújo que sempre esteve ao meu lado me apoiando e ao meu irmão Eudivan (*in memoriam*).

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À **Deus** por seu infinito amor e bondade, sempre abrindo portas e derramando bênçãos sobre mim e minha família. Ele é o autor de todas as coisas.

Aos meus pais **Nilvanda Gomes** e **Antônio Laurindo** pela educação e orientação que me foi dada para formar a pessoa que sou. Como também aos meus sogros **Celiane Araújo** e **Erivaldo Simões**, meus segundos pais, por todo amor e suporte nos momentos que precisei. Vocês quatro sempre estiveram ao meu lado me incentivando, me ajudando, me aconselhando, pegando no meu pé, e o mais importante, sempre me apoiando e mostrando que eu estava no caminho certo. E agora a prova, estamos todos aqui, para vencermos juntos essa etapa, e comemorarmos juntos mais uma vitória.

Ao meu amado esposo **Jailson Araújo**, por todo incentivo e por estar ao meu lado em momentos difíceis, obrigada pelo amor, paciência, auxílio, incentivo e companheirismo. Amo você!

Ao **Prof. Dr. Leilson Rocha**, por ter aceitado o desafio de me orientar, pela confiança na realização deste trabalho que muito contribuiu para o meu crescimento, pela paciência e compreensão em momentos difíceis, como também nos valores e princípios. Obrigada pelas direções, colocações, lições de vida, “puxões de orelha” e pela orientação, compreensão e tolerância.

Ao **Prof. Dr. José Moraes** por toda ajuda e orientação.

A minha coorientadora **Dr. Juliana Paula**, pela orientação, pela amizade, confiança e incentivo ao aprendizado, e auxílio em todas as etapas dessa fase, sempre estando presente e me ajudando com as análises estatísticas e correções da dissertação.

À minha grande companheira neste percurso dos dois anos, **Larruama Fernandes**, dividimos momentos de aflições e conquistas. Bem como a minha amiga nutricionista **Kallyne Sousa** pelo auxílio nas análises e os momentos especiais e de descontração.

A equipe do **Laboratório de Nutrição Animal (LANA)**, em especial à **Prof Dr. André Leandro** pelos auxilio na realização das análises, pelos momentos e histórias divididas, e seu **Otávio**, pelo auxilio na realização das análises laboratoriais.

À **Universidade Federal de Campina Grande – UFCG** através dos **Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Ciência e Saúde Animal**, pela oportunidade concedida, por ter-me possibilitado somar tantos conhecimentos a minha carreira desenvolvendo esta pesquisa.

À **secretária do Programa em Ciência e Saúde Animal** da UFCG, em especial a **Adalberto** por estar sempre atento nos esclarecimentos das dúvidas e prazos.

A **todos os professores do Programa** que de alguma forma contribuíram para minha formação. Meu obrigada, a estes professores que destinaram parte de seu precioso tempo para colaborarem com seus ensinamentos.

A **Empresa empresa Amêndoas do Brasil Ltda**, localizada na cidade de Fortaleza – CE, pela doação do subproduto de caju, especialmente pela colaboração da **prof^a. Dr^a Selma Elaine Mazzetto** com as análises e fornecimento do LCC.

À **Coordenação de Apoio do Pessoal de Nível Superior (CAPES)**, pela concessão da bolsa de estudos e ao **Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)**, pelos recursos concedidos que me auxiliaram na condução deste Projeto.

Aos **funcionários da Fazenda Experimental NUPEÁRIDO, Eudinho e Neném** obrigado pelo auxílio no manejo dos animais.

Aos **alunos de iniciação científica**, que fizeram parte do experimento e muito ajudaram, por toda ajuda e esforço, vocês foram essenciais.

As minhas colegas do LCC, **Sheila Vilarindo, Luciana Viana e Layse Ramos** que tanto me apoiaram e me ajudaram em muitos momentos de aulas, dúvidas e no período do experimento e pela grande contribuição nas análises de qualidade da carne. “Meninas muito obrigada de coração por toda ajuda”.

As colegas **Karyna Alencar e Joana Angélica** pela ajuda na dissecação dos pernis e momentos de descontração. Como também as colegas **Elisama Medeiros, Sabrina Bezerra e Stella de Alencar** no auxílio das análises instrumentais.

À toda a turma que conheci quando me inseri nesta pós-graduação, obrigada por todos os momentos juntos. E a todos que de alguma forma contribuíram e torceram para que meu sonho pudesse se concretizar.

Peço a Deus que abençoe a todos que me apoiam e estão comigo. Que assim seja. Amém.

Meus sinceros agradecimento

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	12
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE ABREVIACÕES E SIMBOLOS	14
INTRODUÇÃO GERAL	16
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO I: Fatores que influenciam na qualidade da carne de cordeiros e a inclusão de óleos funcionais como estratégia nutricional na modulao desses fatores: revisão de literatura 22	
Resumo	23
Abstract	24
1 Introdução	24
2 Fatores físico-químicos relacionados à qualidade da carne de cordeiros	25
2.1 Perfil de cidos Graxos	28
2.2 Qualidade Sensorial.....	30
3 leos Funcionais na dieta dos ruminantes	32
4 Liquido da casca da castanha do caju (LCC)	34
5 Conclusão	36
Referências	36
CAPÍTULO II: Influence of dietary supplementation of natural oil antioxidant extracted from the cashew nut shell liquid on growth, physicochemical quality and fatty acid composition of lamb meat.....	
Abstract	47
1 Introduction	48
2 Materials and methods	51
2.1 Location and ethical considerations	51
2.2 Animals, treatment, handling, diets and chemical composition.....	51
2.3 Extraction and Purification of the CNSL	53
2.4 Performance, slaughter of the animals and meat processing	53
2.5 Physico-chemical composition of the meat	53
2.6 Fatty acid profile of the meat	55

<i>2.7 Experimental design and statistical analyses</i>	56
3 Results	57
<i>3.1 Performance and physical-chemical composition of the meat</i>	57
<i>3.2 Profile of fatty acids and nutraceutical compounds</i>	58
4 Discussion	58
5 Conclusion	64
References	64
CONCLUSÃO GERAL	79
ANEXO 1	80

RESUMO

Avaliou-se o desempenho dos animais, as características físicas, químicas e perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros alimentados com dietas contendo o líquido da casca da castanha do caju (LCC). Foram utilizados 40 cordeiros mestiços Dorper × Santa Inês, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, com quatro tratamentos com dez repetições, sendo que as dietas variaram nos teores de substituição do milho pelo LCC nos níveis de 0; 0,75; 1,50 e 2,25%. Amostras do músculo *longissimus lumborum* foram retiradas para análises físico-químicas e perfil de ácidos graxos. Somente o pH foi realizado no músculo *Semimembranosus*. Os dados foram submetidos à análise de variância e posterior regressão a 5% de significância. A utilização do LCC técnico até o nível de 1,5% na MS melhorou o desempenho dos animais e não influenciou nas características físicas e químicas da carne. A inclusão de LCC na dieta dos cordeiros provocou efeito quadrático no consumo de matéria seca ($P = 0,034$), ganho de peso médio diário ($P = 0,016$), peso corporal ao abate ($P = 0,002$), e a concentração de gordura da carne ($P = 0,0021$) dos animais e redução linear na proteína ($P < 0,0001$) da carne à medida que aumentou a inclusão de LCC. Os parâmetros de coloração vermelho (a^* ; $P = 0,0008$) e o índice de saturação ou croma (C^* ; $P = 0,0006$) aumentaram linearmente com inclusão do LCC na dieta dos animais. O teor de matéria seca, umidade, minerais, o pH 24 horas, a força de cisalhamento (WBSF), perda de peso por cocção (PPC), capacidade de retenção de água (CRA), índices de coloração luminosidade e amarelo não foram afetados pela inclusão do LCC na dieta dos cordeiros. Houve uma redução linear nas concentrações do ácido graxo oleico (C18:1 $c-9$) e \sum AGMI cis e na relação \sum AGMI: \sum AGS, no ácido rumênico (C18:2 $c-9-t-11$) e no índice nutracêutico h:H da carne devido a inclusão de LCC na dieta dos cordeiros. Em contrapartida a adição de LCC na dieta dos cordeiros aumentou linearmente as concentrações do ácido vacênico (C18:1 $c-11$) de forma quadrática somatório de \sum AGMI $trans$. Os demais AGS, AGMI- e AGPI, as somas e relações entre os AG, os índices Índices de Aterogenicidade (IA) e Índice de Trombogenicidade (IT) não foram afetados ($P > 0,05$) pela inclusão de LCC na dieta. A inclusão do LCC não influenciou os parâmetros físico-químicos da carne e pouco alterou o perfil de ácidos graxos. Assim, recomenda-se a inclusão do LCC até o nível de 1,5% na alimentação de cordeiros como uma fonte de energia dietética para melhorar o desempenho dos animais e as características físicas e químicas da carne.

PALAVRAS-CHAVE: Ácidos graxos desejáveis; Consumo; Oleaginosas; Óleos Funcionais.

ABSTRACT

The performance of the animals, the physical, chemical characteristics and fatty acid profile of the meat of lambs fed diets containing the liquid from the cashew nut shell (LCC) were evaluated. Forty Dorper × Santa Inês crossbred lambs were used, distributed in a randomized block design, with four treatments with ten repetitions, with diets varying in the contents of corn substitution by LCC at levels of 0; 0.75; 1.50 and 2.25%. Samples of the longissimus lumborum muscle were taken for physical-chemical analysis and fatty acid profile. Only the pH was performed on the Semimembranosus muscle. The data were subjected to analysis of variance and subsequent regression at 5% significance. The use of the technical LCC up to the level of 1.5% in the DM improved the performance of the animals and did not influence the physical and chemical characteristics of the meat. The inclusion of LCC in the lambs diet caused a quadratic effect on dry matter consumption ($P = 0.034$), average daily weight gain ($P = 0.016$), slaughter body weight ($P = 0.002$), and the meat fat concentration ($P = 0.0021$) of the animals and linear reduction in protein ($P < 0.0001$) of the meat as the inclusion of LCC increased. The red coloring parameters (a^* ; $P = 0.0008$) and the saturation or chroma index (C^* ; $P = 0.0006$) increased linearly with the inclusion of LCC in the animals' diet. Dry matter content, moisture, minerals, pH 24 hours, shear force (WBSF), cooking weight loss (PPC), water holding capacity (CRA), luminosity and yellow color indexes were not affected the inclusion of LCC in the sheep's diet. There was a linear reduction in the concentrations of oleic fatty acid (C18: 1c – 9) and $\sum \text{AGMI}_{cis}$ and in the $\sum \text{AGMI} : \sum \text{AGS}$ ratio, in rumenic acid (C18: 2c – 9-t – 11) and in the nutraceutical index h: H of meat due to the inclusion of LCC in the sheep diet. On the other hand, the addition of LCC in the lambs' diet increased linearly the concentrations of vaccenic acid (C18: 1c – 11) in a quadratic sum of $\sum \text{AGMI}_{trans}$. The other AGS, AGMI- and AGPI, the sums and relationships between the AG, the Atherogenicity Indices (AI) and Thrombogenicity Indices (IT) were not affected ($P > 0.05$) by the inclusion of LCC in the diet. The inclusion of LCC did not influence the physical-chemical parameters of the meat and did little to alter the fatty acid profile. Thus, it is recommended to include the LCC up to the level of 1.5% in the lamb feed as a source of dietary energy to improve the performance of the animals and the physical and chemical characteristics of the meat.

KEYWORDS: Desirable fatty acids; Consumption; Oilseeds; Functional Oils.

LISTA DE TABELAS

Capítulo II:	Pág.
TABELA 1 - Proporções de ingredientes e composição química das dietas experimentais	74
TABELA 2 - Composição dos ácidos graxos (g/100 g FAME) do Líquido da casca da castanha do caju (LCC) e das dietas experimentais	74
TABELA 3 - Desempenho e características físico-químicas do músculo longíssimos lumborum de cordeiros alimentados com líquido da casca da castanha do caju (LCC)	75
TABELA 4 - Perfil de ácidos graxos AG (g/100 g FAME) do longíssimos lumborum de cordeiros alimentados com dietas contendo líquido da casca da castanha do caju (LCC)	76
TABELA 5 - Perfil de ácidos graxos (mg/100 g carne) do longíssimos lumborum de cordeiros alimentados com dietas contendo líquido da casca da castanha do caju	77

LISTA DE ABREVIACOES E SIMBOLOS

a*	Teor de Vermelho da carne
AOAC	Association of Official Analytical Chemists AOL
AGD	Ácidos graxos desejáveis
AGM	Ácidos graxos monoinsaturados
AGM:AGS	Relação ácidos graxos monoinsaturados e ácidos graxos saturados
AGP	Ácidos graxos poli-insaturados
AGP:AGS	Relação ácidos graxos poli-insaturados e ácidos graxos saturados
b*	Teor de Amarelo da carne
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEUA	Comitê de Ética em Pesquisa no Uso de Animais
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNF	carboidratos não fibrosos
CMS	consumo de matéria seca
CRA	Capacidade de Retenção de Água
CSTR	Centro de Saúde e Tecnologia Rural
EE	Extrato Étereo
EPM	Erro padrão da média
FAME	ésteres metílicos de ácidos graxos
FC	Força de Cisalhamento
FDA	Fibra em detergente ácido
FDN	Fibra em detergente neutro
FIS	Serviço Federal de Inspeção
GPMD	Ganho médio diário
HDL	lipoproteína de alta densidade
h/H	Ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos
IA	Índices de aterogenicidade
IT	Índice de trombogenicidade
JCR	Journal Citation Reports
kgf	Quilograma Força
L*	Teor de Luminosidade da carne
LCC	Líquido da Casca da Castanha do Cajú

LDL	lipoproteína de baixa densidade
NRC	National Research Council
NUPEÁRIDO	Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Trópico Semi-Árido
PCA	Peso corporal ao abate
PPC	Perda de peso por Cocção
pH	Potencial Hidrogeniônico
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
w-6	Ômega 6
w-3	Ômega 3

INTRODUÇÃO GERAL

A busca por mais saúde tem propiciado mudanças nos hábitos alimentares dos consumidores, com crescente interesse e procura por alimentos que além de boas características sensoriais, como sabor e cheiro, apresentem efeitos benéficos para a saúde (Ozturkoglu-Budak et al., 2016; Campos et al., 2017). Entre os alimentos que tem ganhado destaque nas exigências dos consumidores, está a carne vermelha, em especial, a carne ovina conhecida por ser um alimento com proteínas de alto valor biológico por conta dos aminoácidos essenciais que a compõem, além de conter vitaminas, sais minerais e apresentar compostos benéficos para a saúde humana, como por exemplo, o ácido linoléico conjugado (CLA) (Sun, et al., 2015; Smeti et al., 2018).

Entretanto, a carne vermelha, em especial dos animais ruminantes passa por um entrave, por se tratar de um alimento rico em gordura saturada, apresentando grandes quantidades de ácidos graxos saturados, como o ácido palmítico, mirístico, além de uma alta relação $\omega 6/\omega 3$ (Abuelfatah et al., 2016; Chikwanha et al., 2017; Castillo et al., 2019).

Essa quantidade de ácidos graxos saturados presente na carne se deve principalmente a biohidrogenação ruminal, um mecanismo de defesa dos microorganismos da toxicidade de ácidos graxos insaturados. Neste processo, os lipídios da dieta passam por uma sequência de reações realizadas pela microbiota do rúmen, inserindo moléculas de hidrogênio em ácidos graxos insaturados, fazendo a quebra da ligação dupla, transformando em ácido graxo saturado, absorvido no intestino e incorporando a carne dos ruminantes (Barletta et al., 2016; Morales; Ungerfeld, 2015).

Em adição, as altas concentrações de ácidos graxos saturados estão associadas ao surgimento de doenças cardíacas, obesidade e até o câncer, enquanto ácidos graxos poliinsaturados são conhecidos por seus efeitos benéficos à saúde como redução do risco de doenças cardiovasculares, infamações e outras doenças (EFSA, 2010, Palo et al., 2015; Smeti et al., 2018). Além disso, o perfil de ácidos graxos da carne tem um grande impacto nas características sensoriais, influenciando a aceitação pelo consumidor, por esse motivo, técnicas de manejo alimentar vêm sendo estudadas e melhoradas, para a produção de alimentos com melhor qualidade lipídica (Chikwanha et al., 2017; Castillo et al., 2019; Gama et al., 2020).

Uma maneira eficaz de melhorar a qualidade da carne e aumentar a concentração de ácidos graxos benéficos é alteração dos ingredientes da dieta animal (Pereira et al., 2016;

Campos et al., 2017). Por meio da alimentação é possível modificar o conteúdo dos diferentes ácidos graxos na musculatura e alterar as relações entre eles, tornando a carne mais saudável (Morales; Ungerfeld, 2015, Castillo et al., 2019, Bezerra et al., 2016).

Entre essas estratégias, tem-se a utilização de óleos vegetais na dieta de ruminantes, os quais podem manipular o processo de biohidrogenação ruminal, inibindo a atividade dos microorganismos do rúmen, evitando a biohidrogenação de forma a permitir a passagem e absorção de ácidos graxos desejáveis para compor o produto final, agregando dessa forma, lipídios importantes na carne (Lima et al., 2018; Costa et al., 2018). Isso ocorre, pois uma alta ingestão de ácidos graxos insaturados, faz com que a capacidade dos microorganismos do rúmen em biohidrogenar seja excedida, ocorrendo maior absorção intestinal de ácidos graxos insaturados (Vasta et al., 2009; Abulfatah et al., 2016; Balgado et al., 2019; Parente et al., 2020).

Como exemplo desses óleos tem-se o líquido da casca da castanha de caju, comumente conhecido por LCC. Considerado coproduto do agronegócio do caju, é um óleo extraído do mesocarpo esponjoso da castanha do caju (*Anacardium occidentale* L), uma fonte renovável, biodegradável (Andrade et al., 2011; Voirin et al., 2014).

O LCC pode ser classificado em dois tipos (LCC natural e LCC técnico), sendo o LCC natural resultado da extração a frio com prensa, e o LCC técnico da extração térmico-mecânica ou por solvente, que é apresentando-se como um líquido escuro (quase preto) e viscoso (Rodrigues et al., 2006; Lopes et al., 2008; Mazzetto et al., 2009).

No LCC técnico, devido ao efeito do calor da extração (que tem a finalidade de retirar CO₂ e umidade), o ácido anacárdico sofre uma reação de descarboxilação, convertendo o ácido anacárdico em cardanol, assim, os principais componentes do LCC técnico são cardanol (67,8-94,6%), cardol (3,8-18,8%) e o ácido anacárdico (1,09-1,75%) (Mazzetto et al., 2009; Voirin et al., 2014). O LCC apresenta também alto teor de lipídios totais e a maior parte destes (82,1%) é constituído de ácidos graxos insaturados, sendo 98,6% dos ácidos graxos insaturados presentes, o ácido oléico e linoleico; ácidos graxos essenciais, que são de alto valor nutricional (Diaz et al., 2015). Além disso, o LCC técnico não possui cheiro agressivo e sua principal característica é a não toxicidade (Osmari et al., 2015).

Ao ácido anacárdico, cardol e cardanol são atribuídos a capacidade de intervenção em processos bioquímicos, apresentando funções anti-inflamatórias, antioxidantes, e antimicrobianas inibindo o desenvolvimento de alguns tipos de bactérias, mudando o perfil de ácidos graxos ruminais e diminuindo a produção de gás metano e perdas metabólicas. Devido

a essas características, o LCC é considerado uma alternativa na alimentação dos ruminantes (Oh et al., 2017; Kang et al., 2018; Michailoff et al., 2020).

Contudo, apesar dos benefícios do uso de óleos na dieta dos ruminantes, as recomendações de ingestão diária se mostram altas nas pesquisas, havendo a necessidade de determinar níveis ideais, fornecendo a segurança em seu uso com intuito de melhorar o valor nutricional dos produtos de ruminantes para a saúde humana. Nesse contexto, é de suma importância avaliar a inclusão de diferentes níveis do LCC na dieta de cordeiros e seus efeitos sobre o consumo dos animais, a composição físico-química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros.

Esta dissertação consiste em dois capítulos: O Capítulo I caracteriza-se por uma revisão da literatura acerca dos fatores que influenciam na qualidade da carne de cordeiros e como a inclusão de óleos funcionais como o LCC podem modular esses fatores, que será submetido ao periódico *Ciência e Agrotecnologia (Online)* (JCR 1,144, Qualis A3). O Capítulo II aborda a influência da inclusão do Líquido da casca da castanha do caju - LCC na dieta dos cordeiros sobre o desempenho dos animais, composição físico-química e perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros mestiços (Dorper x Santa Inês), o qual será submetido ao periódico *Animal Feed Science and Technology* (JCR 2,582, Qualis A1).

REFERÊNCIAS

- Abuelfatah, K., Zuki, A. B. Z., Goh, Y. M., Sazili, A. Q. Effects of enriching goat meat with n-3 polyunsaturated fatty acids on meat quality and stability. **Small Ruminant Research**, v. 136, p. 36-42, 2016.
- Andrade, T. J. A. S., Araújo, B. Q., Citó, A. M. G. L., Silva, J., Saffi, J., Richter, M. F. Ferraz, A. B. F. Antioxidant properties and chemical composition of technical Cashew Nut Shell Liquid (tCNSL). **Food Chemistry**, v. 126, p. 1044-1048, 2011.
- Bagaldo, A. R., Miranda, G. S., Júnior, M. S., de Araújo, F. L., Matoso, R. V. M., Chizzotti, M. L., L.R. Bezerra., Oliveira, R. L. Effect of Licuri cake supplementation on performance, digestibility, ingestive behavior, carcass traits and meat quality of grazing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 177, p. 18-24, 2019.
- Barletta, R. V., Gandra, J. R., Bettero, V. P., Araújo, C. E., Del Valle, T. A., de Almeida, G. F., Rennó, F. P. Ruminal biohydrogenation and abomasal flow of fatty acids in lactating cows: oilseed provides ruminal protection for fatty acids. **Animal Feed Science and Technology**, v. 219, p. 111-121, 2016.
- Bezerra, L. S., Barbosa, A. M., Carvalho, G. G. P., Simionato, J. I., Freitas Jr, J. E., Araújo, M. L. G. M. L., Carvalho, B. M. A. Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. **Meat Science**, v.121, p.88-95, 2016.
- Campos, F. S., Carvalho, G. G. P., Santos, E. M., Araújo, G. G. L., Gois, G. C., Rebouças, R. A., Araújo, M. L. G. M. L. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. **Meat science**, v. 124, p. 61-68, 2017.
- Castillo, C., Abuelo, A., Hernández, J. Ruminant (Bovine, Caprine, and Ovine) Milk and Meat Production: The Challenge of Food Quality and Sustainability Through the Use of Plant Extracts, 25-42, 2019.
- Chikwanha, O. C., Vahmani, P., Muchenje, V., Dugan, M. E., Mapiye, C. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing. **Food Research International**, v. 104, p. 25-38, 2017.
- Costa, J. B., Oliveira, R. L., Silva, T. M., Barbosa, A. M., Borja, M. S., De Pellegrini, C. B., Bezerra, L. R. Fatty acid, physicochemical composition and sensory attributes of meat from lambs fed diets containing licuri cake. **PloS one**, v. 13, n. 11, 2018.

- Díaz, T. G., Teodoro, A. L., Osmari, M. P., Salab, B. L., de Matos, L. F., Giotto, F. M. Líquido da casca da castanha de caju em dietas para ruminantes. **Campo Digital**, v. 10, n. 1, 2015.
- EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition, and Allergies (NDA). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. **EFSA Journal**, v. 8, n. 3, p. 1461, 2010.
- Gama, K. V. M. F., Pereira Filho, J. M., Soares, R. F., Cordão, M. A., Cézar, M. F., Batista, A. S. M., Bezerra, L. R. Fatty acid, chemical, and tissue composition of meat comparing Santa Inês breed sheep and Boer crossbreed goats submitted to different supplementation strategies. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 2, p. 601-610, 2020.
- Kang, S., Suzuki, R., Suzuki, Y., Koike, S., Nagashima, K., Kobayashi, Y. Rumen responses to dietary supplementation with cashew nut shell liquid and its cessation in sheep. **Animal science journal**, v. 89, n. 11, p. 1549-1555, 2018.
- Lima de Oliveira, A. G. V., Oliveira, R. L., Silva, T. M., Barbosa, A. M., Nascimento, T. V. C., da Silva Oliveira, V., Bezerra, L. R. Feeding sunflower cake from biodiesel production to Santa Ines lambs: Physicochemical composition, fatty acid profile and sensory attributes of meat. **PloS one**, v. 13, n. 1, 2018.
- Lopes, A.A.S., Carneiro, E.A., Rios, M.A.S., Filho, J.J.H., Carioca, J.O.B., Barros, G.G., Mazzetto, S.E. Study of antioxidant property of a thiophosphorated compound derived from cashew nut shell liquid in hydrogenated naphthenics oils. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 25, p. 119–127, 2008.
- Lourenço, M., Ramos-Morales, E., Wallace, R.J. The role of microbes in rumen lipolysis and biohydrogenation and their manipulation. **Animal**, v. 4, n. 7, p. 1008-1023, 2010.
- Mazzetto, S. E., Lomonaco, D., Mele, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, v. 32, p. 732-741, 2009.
- Morales, R., Ungerfeld, E. M. Use of tannins to improve fatty acids profile of meat and milk quality in ruminants: A review. **Chilean journal of agricultural research**, v. 75, n. 2, p. 239-248, 2015.
- Oh, S., Suzuki, Y., Hayashi, S., Suzuki, Y., Koike, S., Kobayashi, Y. Potency of cashew nut shell liquid in rumen modulation under different dietary conditions and indication of its

- surfactant action against rumen bacteria. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 27, 2017.
- Osmari, M. P., de Matos, L. F., Salab, B. L., Diaz, T. G., Giotto, F. M. Líquido da casca da castanha de caju: características e aplicabilidades na produção animal. **Pubvet**, v. 9, p. 101-157, 2015.
- Palo, P., Maggiolino, A., Centoducati, N., Tateo, A. Effects of different milk replacers on carcass traits, meat quality, meat color and fatty acids profile of dairy goat kids. **Small Ruminant Research**, v. 131, p. 6-11, 2015.
- Parente, M. D. O. M., Rocha, K. S., Bessa, R. J. B., Parente, H. N., de Moura Zanine, A., Machado, N. A. F., Alves, S. P., et al. Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. **Meat science**, v. 160, p. 107971, 2020.
- Pereira, L., A. J. V. Pires., G.G.P. de Carvalho, R.V.M.M. Silva, J.I. Simionato, E.C.Q. Lacerda, L.S. Bezerra, C.E. Eiras, B.M.A. de Carvalho. Nutritional characteristics of lambs meat fed diets with cotton cake. **Journal of Food Quality**, v. 39, p. 140-149, 2016.
- Rodrigues, F. H. A., Feitosa, J. P. A., Ricardo, N. M. P. S., França, F. C. F., Carioca, J. O. B. Antioxidant activity of cashew nut shell liquid (CNSL) derivatives on the thermal oxidation of synthetic cis-1,4-polyisoprene. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 17, n. 2, p. 265–271, 2006.
- Smeti, S., Hajji, H., Mekki, I., Mahouachi, M., Atti, N. Effects of dose and administration form of rosemary essential oils on meat quality and fatty acid profile of lamb. **Small Ruminant Research**, v. 158, p. 62-68, 2018.
- Sun, H. X., Zhong, R. Z., Liu, H. W., Wang, M. L., Sun, J. Y., Zhou, D. W. Meat quality, fatty acid composition of tissue and gastrointestinal content, and antioxidant status of lamb fed seed of a halophyte (*Suaeda glauca*). **Meat science**, v. 100, p. 10-16, 2015.
- Vasta, V., Makkar, H.P.S., Mele, M., Priolo, A. Ruminal biohydrogenation as affected by tannins in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.102, p.82–92, 2009.
- Voirin, C., S. Caillol, N. V. Sadavarte, B. V. Tawade, B. Boutevinab, and P. P. Wadgaonkar. Functionalization of cardanol: towards biobased polymers and additives. **Polymer Chemistry**, v. 5, n. 9, p. 3142-3162, 2014.

CAPÍTULO I:**Fatores que influenciam na qualidade da carne de cordeiros e a inclusão de óleos funcionais como estratégia nutricional na modulação desses fatores: revisão de literatura**

Artigo será submetido ao periódico Ciência e Agrotecnologia (Online)

(JCR 1,144, Qualis A3).

Fatores que influenciam na qualidade da carne de cordeiros e a inclusão de óleos funcionais como estratégia nutricional na modulação desses fatores: revisão de literatura

Factors that influence the quality of lamb meat and the inclusion of functional oils as a nutritional strategy in the modulation of these factors: literature review

Débora Gomes de Sousa Araújo^a, José Morais Pereira Filho^a, Andre Leandro da Silva^b, Suzana Coimbra de Moura Lustosa e Silva^d, Juliana Paula Felipe de Oliveira^b, Selma Elaine Mazzetto^e, Ricardo Loiola Edvan^d, Ronaldo Lopes Oliveira^c, Leilson Rocha Bezerra^a

^aFederal University of Campina Grande, Department of Animal Science and Health, 58708110, Patos, Paraíba, Brazil.

^bFederal University of Campina Grande, Department of Animal Science, 58708110, Patos, Paraíba, Brazil.

^cFederal University of Bahia, Department of Animal Science, 40170110, Salvador, Bahia, Brazil.

^dFederal University of Piauí, Department of Animal Science, 64049550, Teresina, Piauí, Brazil.

^eFederal University of Ceará, Department of Organic and Inorganic Chemistry, Campus do PICI, 60455760 Fortaleza, Ceará, Brazil.

Resumo: Os principais fatores que influenciam na qualidade da carne são o pH, cor, capacidade de retenção de água, perda por cocção, textura, sabor e perfil de ácidos graxos. Sendo essas características influenciadas por diversos fatores, como raça, sexo, genética, estado fisiológico do animal, condições pré e pós abate e a nutrição do animal, sendo alimentação que os animais recebem um fator de grande impacto, pois os nutrientes contidos nas dietas dos animais podem influenciar a composição química e física da carne, afetando assim sua qualidade. A utilização de óleos funcionais provenientes de sementes de oleaginosas na dieta de ruminantes é uma estratégia viável para modificar as características da carne, pois além de fornecer energia, pode modificar o perfil nutricional, instrumental e sensorial da carne. Como exemplo de óleo funcional tem-se o líquido da casca da castanha de caju, comumente conhecido por LCC, o qual apresenta como principais compostos o cardanol, cardol e o ácido anacárdico e a esses compostos são atribuídos a capacidade de manipular o ambiente ruminal, melhorando o desempenho, a eficiência alimentar e a absorção de nutrientes, como os ácidos graxos insaturados, aumentando os compostos benéficos à saúde humana e conduzindo a modificações desejáveis na carne, como em todos os fatores que exercem influência sobre sua qualidade.

Palavras-Chave: Consumidor; Oleaginosas; Óleos Funcionais; Perfil de Ácidos graxos; Cor; Textura.

Abstract: The main factors that influence meat quality are pH, color, water holding capacity, cooking loss, texture, flavor and fatty acid profile. Since these characteristics are influenced by several factors, such as breed, sex, genetics, physiological state of the animal, pre- and post-slaughter conditions and the nutrition of the animal, being that the animals receive a factor of great impact, since the nutrients contained in the diets of the animals can influence the chemical and physical composition of meat, thus affecting its quality. The use of functional oils from oilseeds in the diet of ruminants is a viable strategy to modify the characteristics of the meat, as in addition to providing energy, it can modify the nutritional, instrumental and sensory profile of the meat. As an example of functional oil there is the liquid from the cashew nut shell, commonly known as (CNSL), which has cardanol, cardol and anacardic acid as its main compounds and these compounds are attributed the ability to manipulate the rumen environment, improving performance, feed efficiency and nutrient absorption, such as unsaturated fatty acids, increasing compounds beneficial to human health and leading to desirable changes in meat, as in all factors that influence its quality.

Key-Words: Consumer; Oilseeds; Functional Oils; Fatty Acids Profile; Color; Texture.

1 Introdução

Tem sido crescente a procura por parte dos consumidores por produtos alimentícios com qualidade, associados principalmente aos atributos sensoriais, bem como com compostos benéficos para a saúde (Decker; Park, 2010; Gouvêa et al., 2016). Estes preferem e tem buscado carnes com uma combinação de atributos, como sabor, suculência, textura, maciez e aparência, pouca gordura, muito músculo e preços acessíveis (Silva Sobrinho, 2005; Pophiwa; Webb; Frylinck, 2019). Contudo, qualidade de um alimento por parte dos consumidores também pode ser considerada em outros aspectos, como, qualidade sanitária, qualidade de serviço, qualidade comercial e apresentação (Rutkowska et al., 2015; Jaworska et al., 2016; Campos et al., 2017).

Os produtos alimentares derivados de animais ruminantes são alimentos com composição nutricional importante na dieta humana, pois são fontes principais de proteínas, aminoácidos e lipídios essenciais (Beriaín et al., 2018). E sua qualidade pode ser avaliada por meio das propriedades físico-químicas, como valor de pH, composição química, capacidade

de retenção de água, cor, textura, perda de peso por cocção e o perfil de ácidos graxos (Jaworska et al., 2016; Quiñones et al., 2019).

As características físico-químicas da carne são parâmetros importantes, pois podem mostrar o grau de qualidade e estão relacionados diretamente não só com os aspectos sensoriais, mas como os aspectos nutricionais da carne (Madruga, 2005). Essas propriedades podem, no entanto, ser afetadas por vários fatores como, raça, idade de abate, condições pré e pós abate, sexo, fatores ambientais e principalmente pela alimentação ofertada aos animais (Quiñones et al., 2019; Pophiwa; Webb; Frylinck, 2019).

A alimentação que os animais recebem tem grande impacto, pois os nutrientes contidos nas dietas dos animais podem influenciar a composição química e física da carne, afetando assim sua qualidade (Costa et al., 2018; Lima et al., 2018). O perfil de ácidos graxos, por exemplo, pode ser influenciado pela alimentação que o animal recebe, na qual pode ser alterada com a inclusão de fontes lipídicas (Costa et al., 2018; Salami et al., 2019). Com isso as estratégias de alimentação têm sido utilizadas para modificação no perfil nutricional, instrumental e sensorial da carne, pois por meio da manipulação da dieta dos animais, pode-se melhorar a qualidade da carne em termos nutricionais e sensoriais (Pereira et al., 2016; Białek, Czauderna, Białek, 2018).

Assim, o sucesso de um produto depende da sua aceitação pelo consumidor em função das características desejadas e valorizadas pelo mesmo. Com isso, para atender às exigências do mercado consumidor da carne, é necessário conhecer os fatores que interferem nas suas características físicas e químicas, e de que maneira agem esses fatores e a forma de controlá-los. Dessa forma, objetivou-se realizar um estudo de revisão bibliográfica, para abordar os principais fatores que afetam e/ou interferem na qualidade da carne dos cordeiros.

2 Fatores físico-químicos relacionados à qualidade da carne dos cordeiros

O pH é o um dos primeiros parâmetros a ser observado para analisar a qualidade da carne, uma vez que ele é capaz de modificar todas as outras características qualitativas como cor, capacidade de retenção de água, maciez, e as características organolépticas, pois o pH final elevado pode favorecer a produção de compostos sulfurados, responsáveis pelos sabores e odores indesejáveis na carne ovina, além de provocar uma menor vida de prateleira da carne, visto que favorecerá o aparecimento e crescimento de microorganismos (Bezerra et al.

2016; Guerra-Rivas et al., 2016). A medida do pH pode ser feita em qualquer músculo da carcaça, mas é feita principalmente no músculo *longissimus dorsi*, por meio de um phmetro (Maciel et al. 2011).

Durante o processo de transformação do músculo em carne, o glicogênio do músculo é metabolizado por processo anaeróbico, formando ácido lático que acidifica a carne. Determinados fatores como espécie animal, reserva de glicogênio, temperatura, estresse antes do abate, dieta hídrica e alimentação podem interferir nesse processo. Quando as quantidades de glicogênio após o abate são satisfatórias, a produção de ácido lático e a redução do pH ocorrem normalmente sem influência sobre a qualidade da carne (Ramos; Gomide, 2007; Maciel et al., 2011; Costa et al., 2018).

Caso o pH caia rapidamente logo após o abate, a carne pode ser pálida, flácida e com baixa capacidade de retenção de água, sendo então chamada de PSE (pálida, mole e exsudativa), reservas elevadas de glicogênio e uma sensibilidade por parte do animal ou da própria fibra muscular são, dentre outras causas, a predisposição para este tipo de anomalia. Se o pH final permanece alto, acima de 6,20 a carne apresenta a anomalia denominada DFD (escura, firme e seca), que é uma carne escura, firme e seca. Neste caso devido a fatores ante mortem, uma situação de estresse antes do abate, a reserva inicial de glicogênio baixa, não havendo tempo suficiente para a sua reposição no músculo são as causas (Gouvêa et al., 2016). A faixa considerada normal para carne ovina é em torno de 5,5 a 5,8 para pH após 24h (AMSA, 2015; Della Malva et al., 2016).

Outro parâmetro que desempenha importante papel sobre a qualidade da carne é a cor, destacando-se como principal fator de decisão no momento da compra, critério através do qual o consumidor julga a qualidade da carne, relacionada com fatores referentes à qualidade e ao grau de frescor da carne, sendo a cor vermelha brilhante associada à frescura, enquanto a marrom com carne estragada (Troy; Kerry, 2010; Alcantara et al., 2012; Silva et al., 2016; Abdalla Filho et al., 2017).

O consumidor tem a preferência por carnes de coloração vermelho brilhante, desprezando a carne escura, pois associam esta cor com carne de animais velhos e de maior dureza, e associam a cor clara à carne de animais jovens (Abdalla Filho et al., 2017). Esta relação muitas vezes não é verdadeira, uma vez que em casos de abaixamentos inadequados do pH *post mortem*, podem ser produzidas colorações anormais, independente da idade ou maciez (Zeola, 2002).

A cor da carne é influenciada pela quantidade de água na superfície da carne e é uma consequência do pH e da capacidade de retenção de água. A nutrição adequada, manuseio de condições pré ou pós-abate também afetam a cor da carne (Pearce et al., 2011; Pereira et al., 2016).

Para avaliação desse parâmetro, usa-se a medição objetiva, no qual o método mais utilizado é o sistema CIELAB, que utiliza aparelho denominado de colorímetro. A cor da carne é mensurada por meio das coordenadas: L*, a* e b*, responsáveis pela luminosidade (clara ou escura), intensidade de vermelho e intensidade de amarelo, respectivamente e quanto maiores os valores de L* mais clara é a carne, e quanto maiores os valores de a* mais vermelha a mesma (Madruga, 2005; Ramos; Gomide, 2007). Os valores médios para as coordenadas cromáticas da carne ovina são L* (luminosidade) de 30,03 a 49,47; a* (intensidade de vermelho) de 8,24 a 23,53; e b* (intensidade de amarelo) de 3,34 a 11,10 e para Chroma são de 17,86 (Bonacina et al., 2011).

A capacidade de retenção de água (CRA) é outro parâmetro instrumental que influencia na qualidade da carne. A capacidade de retenção de água é a capacidade que a carne tem para reter água durante a aplicação de forças externas, tais como corte, aquecimento, moagem ou pressão, e para sua determinação pesa-se aproximadamente 300 mg de amostra do músculo a ser avaliado, onde estas amostras são colocadas entre dois pedaços de papel filtro previamente pesados e prensadas por cinco minutos, com um peso de 3,4 kg. Após a prensagem, as amostras são removidas e, depois, pesados os papéis (Santos-Silva et al., 2002; AMSA, 2015).

Algumas propriedades físicas da carne, como a cor, suculência e maciez, dependem, em grande parte, da CRA (Pearce et al., 2011; Lima et al., 2018). Estando relacionado também ao valor nutricional da carne, pois uma carne que não tem capacidade de reter água terá grande perda de líquido quando exercida uma força conhecida sobre ela, ou no processo de cozimento; com isso, grande parte do seu valor nutricional é perdido, principalmente as vitaminas hidrossolúveis (Silva Sobrinho et al., 2005).

Assim, a perda excessiva de água na carne não é desejável para o consumidor porque provoca perda nas características sensoriais, como a maciez, textura, suculência e coloração, tornando-a pouco atrativa. Isso também é válido para a indústria, tendo em vista que as perdas em relação a peso, palatabilidade e valor nutritivo constituem problemas no que diz respeito ao rendimento e à qualidade dos produtos processados (Farouk et al .2014).

A perda por cocção também é uma medida essencial da qualidade da carne, pois está associada ao rendimento no preparo para o consumo e influencia a suculência da carne, sendo essa diferença calculada mais usualmente pela diferença entre o peso inicial da carne crua e o peso final da carne passada pelo processo de cocção (Lawrie, 2005).

Muitos são os fatores que podem influenciar na perda de peso por cocção no momento do preparo, entre eles a raça, o tipo de alimentação, o estado fisiológico do animal, a deposição de gordura de cobertura ou entre as fibras musculares, o modo de preparo e a temperatura atingida no processo de cocção (Silva et al., 2008; Bezerra et al., 2016).

As formas de transferência de calor, a temperatura, a duração do processo e o meio de cocção podem modificar a composição química e o valor nutricional da carne, assim como os teores de proteína, gordura, cinzas e matéria seca, devido à perda de nutrientes e água durante o processo (Pinheiro et al., 2008; Monte et al., 2012).

A força de cisalhamento (FC) também é outro parâmetro instrumental usado na avaliação da qualidade da carne. A FC é usada para avaliação da maciez da carne, e pode ser influenciada pela capacidade de retenção de água, pH, grau de acabamento da carcaça e características do tecido conjuntivo e das fibras musculares (Ramos; Gomide, 2009; Maciel et al., 2011).

A maciez da carne pode ser medida por meio subjetivo, utilizando painel sensorial, ou por meio objetivo, avaliadas instrumentalmente, através de texturômetro, que tem a capacidade de mensurar a força necessária para que uma lâmina corte ao meio um fragmento muscular. Essa medição se faz pelo método de Warner-Bratzler, sendo expressa em N ou Kgf (Alves et al., 2005; Lima Junior et al., 2011; AMSA, 2015).

Por esse método classifica-se a textura da carne em macia (até 2,27 kgf/cm²), maciez mediana (entre 2,28 e 3,63 kgf/cm²) e dura (acima de 3,63 kgf/cm²), sendo assim, quanto maior for a força mais dura será a carne (Cezar; Sousa, 2007).

2.1 Perfil de ácidos graxos

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos com cadeias hidrocarbonadas, classificados segundo o comprimento da cadeia de carbonos (cadeia curta, média e longa), presença e número de duplas ligações (saturados e insaturados) e a configuração das duplas ligações (cis e

trans) e desempenha vários papéis, tanto na saúde humana como na qualidade dos alimentos (SANTOS et al., 2013).

O perfil de ácidos graxos presente na carne dos ruminantes pode ser influenciado pelos seguintes fatores: raça, sexo, genética, manejo alimentar, dieta, depósito de gordura, corte comercial e método de cocção (Campo, et al 2013; Campo et al., 2016; Chikwanha et al., 2017).

Os ácidos graxos tem importante papel na nutrição humana, dependendo do tipo de ácido graxo e da quantidade consumida na alimentação pode prevenir ou ocasionar doenças. Os ácidos graxos da família ômega 6 e ômega 3 por exemplo, são fundamentais em questões diversas, como na prevenção de doenças cardiovasculares, metabólicas e inflamatórias, e importantes no metabolismo lipídico (Bazinet, Chu, 2014; Calder, 2015; Dyall, 2015; Castillo et al., 2019). Além desses, os ácidos linoleicos conjugados (CLAs), como o ácido vacênico e ácido rumênico, também trazem seus benefícios, os quais, os principais benefícios relatados a respeito são seus efeitos anticancerígenos, antidiabéticos, antiadipogênicos e seus efeitos positivos no sistema imunológico (Dilzer, Park, 2012; Hennessy, Ross, Devery, Stanton, 2011). Já os ácidos graxos saturados têm efeitos contrários, onde a literatura mostra que estes podem aumentar os riscos de doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2, inflamações e câncer (Howes et al., 2015; Calder, 2015).

O perfil de ácidos graxos da carne também tem um grande impacto na sua qualidade e aceitação pelo consumidor, melhorando sabor, aroma e textura (RIBEIRO et al., 2011; Aranceta, Pérez-Rodrigo, 2012; Watkins et al., 2014). Por exemplo, as gorduras saturadas solidificam após cozimento, influenciando a palatabilidade da carne; a presença dos ácidos graxos insaturados aumenta o potencial de oxidação, influenciando diretamente a vida-de-prateleira da carne *in natura* ou cozida (Banskalieva et al., 2000; Wood et al., 2003; Burin, 2016).

A qualidade lipídica da carne é avaliada por meio da composição de ácidos graxos, pela determinação de índices que relacionam o conteúdo de ácidos graxos saturados (AGS), monoinsaturados (AGM) e poliinsaturados (AGPI) séries w-6 e w-3. As razões AGPI: AGS e w-6:w-3 têm sido utilizadas com frequência para análise do valor nutricional de óleos e gorduras, além de indicar o potencial colesterolêmico. Índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) são utilizados como medidas de avaliação e comparação da qualidade de diferentes alimentos e dietas (Arruda et al., 2012).

Os índices de aterogenicidade e trombogenicidade indicam o potencial de estímulo à agregação plaquetária, dessa forma, quanto menores os valores de IA e IT maior é a quantidade de AG anti-aterogênicos presentes em determinado óleo/gordura e, conseqüentemente, maior a prevenção ao aparecimento de doenças coronarianas (Turan et al., 2007; Arruda et al., 2012; Lima et al., 2018; Gesteira et al., 2018). O índice de trombogenicidade (IT) considera os ácidos mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) e esteárico (18:0) como trombogênicos, e os AGPI ômega 6 e ômega 3 e AGMI como antitrombogênicos (Ulbricht; Southgate, 1991). Indicando assim os ácidos graxos que podem promover ou prevenir o aparecimento da aterosclerose e a trombose coronariana com base em seus efeitos sobre o colesterol sérico, e sobre as concentrações de colesterol de LDL. (Salter, 2013; Costa et al., 2018; Gama et al., 2020).

A relação entre os ácidos graxos hipocolesterolêmicos e hipercolesterolêmicos (h/H) também é utilizada na avaliação do perfil lipídico da carne, esse constitui um índice que considera a atividade funcional dos AG no metabolismo das lipoproteínas de transporte do colesterol plasmático, cujo tipo e quantidade está relacionado com o maior ou menor risco de incidência de doenças cardiovasculares (Arruda et al., 2012; Anderson & Ma, 2009; Parodi, 2016).

Nesta relação consideram-se os ácidos graxos insaturados como hipocolesterolêmicos e os ácidos graxos saturados hipercolesterolêmicos. Onde os ácidos graxos hipocolesterolêmicos atuam na redução do LDL (lipoproteína de baixa densidade), e com isso previnem doenças cardiovasculares (Santos-Silva et al., 2002; Castillo et al., 2019). Já os ácidos graxos saturados, que fazem parte do grupo dos hipercolesterolêmicos, aumentam o nível de colesterol sanguíneo (Santos-Silva et al., 2002; Jiang; Xiong, 2016; Gesteira et al., 2018).

Dessa forma, carnes que apresentam adequado teor de ácidos graxos poli-insaturados e ótima relação ômega 6 e ômega 3, aliados ao baixo colesterol, promovem benefícios à saúde humana, minimizando doenças cardiovasculares (Oliveira et al., 2013; Ponnampalam et al., 2014).

2.2 *Qualidade Sensorial*

Unindo todos os fatores que compõem a carne temos a análise sensorial, através dos quais o consumidor julga a qualidade da carne. A avaliação sensorial é uma ferramenta utilizada na tecnologia de alimentos para medir, analisar e interpretar as reações produzidas pelas características dos alimentos, visto que as propriedades organolépticas desempenham papel importante na decisão de compra e aceitabilidade final da carne e produtos à base de carne (Ventanas et al., 2020).

As características sensoriais da carne podem variar de acordo com a espécie, raça, idade, sexo, sistema de criação, alimentação do animal, manejo pós-morte e processamento da carne. Além disso, o pH e o perfil de ácidos graxos afetam diretamente a aceitação sensorial (Almela et al., 2009, Osório et al., 2009; Ribeiro et al., 2011).

As reações de oxidação lipídica e proteica estão entre as principais questões importantes associadas à deterioração da qualidade da carne (Lorenzo, Domínguez & Carballo, 2017a), afetando a qualidade nutricional, coloração, textura (Gómez, & Lorenzo, 2012), e provocando odores e sabores desagradáveis (Shahidi, 2002; Lorenzo et al., 2017b; Costa et al., 2018). Todos esses fatores diminuem as qualidades sensoriais e nutricionais da carne e afetam negativamente a satisfação do consumidor (Chaijan, & Panpitat, 2017).

A análise sensorial pode ser realizada através de painel treinado (valoração objetiva) ou painel de consumidores (valoração hedônica) onde são avaliados os atributos da carne como cor, aroma, textura, suculência e sabor, dependendo de fatores como tipo de julgador, método de cozimento, forma de preparação das amostras e tipo de músculo utilizado (Resurreccion, 2003; Osório et al., 2009; Zeola et al., 2010).

O método de análise sensorial mais confiável é a análise descritiva, realizada por um painel treinado. Nesse método os avaliadores descrevem características sensoriais para quantificar diferenças entre produtos. Contudo, mesmo esse método fornecendo resultados precisos e confiáveis, eliminando possíveis vieses estatísticos, ele apresenta desvantagem relacionado ao longo tempo necessário para treinamento do painel. Essa desvantagem afeta principalmente indústria, produtores e universidades, que geralmente tem curtos tempos de execução (Ares, 2015; Delarue, 2015; Kemp et al., 2018; Naes, Varela & Berget, 2018; Saldaña et al., 2020).

Por esse motivo, são utilizados métodos sensoriais alternativos visando economizar tempo e recursos com treinamento do painel (Ares & Varela, 2017). Sendo assim, o método

mais comum de avaliação sensorial é o painel de consumidores, utilizando a escala hedônica estruturada de nove pontos, onde 1 refere-se à condição menos favorável e 9 a mais favorável, no qual o consumidor avalia todos os atributos organolépticos da carne (AMSA, 2015).

3 Óleos Funcionais na dieta dos ruminantes

Os óleos funcionais são aqueles óleos que possuem atividades além do seu conteúdo energético, apresentando outras funções como, antioxidante, antimicrobiana ou anti-inflamatória (Bess et al., 2012; Murakami et al., 2014). Estes óleos são extraídos de sementes de oleaginosas, e são produtos naturais, os quais são boas fontes de ácidos graxos insaturados. Possuem também compostos fenólicos, os quais são responsáveis por suas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes (Shinkai et al., 2012; Salami et al., 2019; Michailoff et al., 2020).

A inclusão desses óleos na dieta de ruminantes é uma estratégia nutricional que melhora o desempenho, pois assim, pode-se aumentar o valor energético das dietas, a eficiência alimentar e a absorção de vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais (Harvatine e Allen, 2006; Nelson et al. 2008, Lima et al., 2018, Costa et al., 2018; Salami et al., 2019).

Além disso, o uso de óleos na dieta de ruminantes também tem o intuito de modificar as características químicas, físicas e sensoriais na carne, aumentando os compostos benéficos à saúde humana, como o ácido linoleico conjugado (CLA), ácido rumênico e ácido vacênico (Machado Neto et al. 2015, Lima et al., 2018; Castillo et al., 2019).

No entanto, o uso de lipídeos na dieta de ruminantes apresenta algumas desvantagens, pois ácidos graxos insaturados ingeridos pelos ruminantes causam prejuízo na degradação da dieta, uma vez que estes são tóxicos aos microrganismos ruminais, principalmente bactérias e protozoários (Valinote, 2005; Barletta et al., 2016; Morais et al., 2017).

Para reduzir esse efeito tóxico dos AGI os microrganismos ruminais utilizam a biohidrogenação, alterando assim o perfil dos ácidos graxos que chegam ao duodeno. A biohidrogenação consiste na adição de hidrogênio nas duplas ligações dos ácidos graxos insaturados não esterificados pelos microrganismos ruminais, aumentando o grau de saturação e, assim, reduzindo a toxidez, como resultado deste processo, há uma maior absorção e deposição de ácidos graxos saturados na carne dos animais ruminantes (Harvatine e Allen, 2006; Bezerra et al., 2016; Toral et al., 2018).

O normal processo da biohidrogenação dos ácidos oleico, linoleico e linolênico formará ácido esteárico, mas em algumas ocasiões ocorrem alterações nessa rota e o produto final poderá ser alguns ácidos graxos trans como consequência da incompleta biohidrogenação daqueles ácidos graxos ou ainda, devido à suplementação lipídica, podendo haver a deposição dos ácidos graxos originais do alimento na carne e/ou leite por causa da incapacidade dos microrganismos biohidrogenarem todos os ácidos graxos adicionais. O primeiro passo envolve uma isomerase que converte o ácido graxo linoleico (cis-9, cis-12 dieno metileno-interrompido) em ácido cis-9, trans-11 dieno conjugado (comumente chamado de ácido linoleico 16 conjugado ou CLA). Esse metabólito intermediário é transitório, sendo rapidamente hidrogenado a trans-11 18:1 (ácido vacênico), que é liberado no ambiente ruminal. Os microrganismos secundários posteriormente hidrogenam a ligação trans-11 com a formação do produto final primário da biohidrogenação, o ácido esteárico. Portanto, o extensivo metabolismo dos ácidos graxos insaturados no rúmen resulta como principal produto o ácido esteárico que passará ao abomaso e ao intestino o será absorvido (Palmquist; Mattos, 2006; Jenkins, 2008).

Devido aos altos teores de ácidos graxos saturados e concentrações moderadas a baixas de ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, a carne de ruminantes está associada a doenças como, dislipidemias, doenças cardiovasculares, obesidade e câncer (Wood et al., 2003; Castillo et al., 2019).

Nesse sentido, é crucial melhorar o valor nutricional dos produtos dos ruminantes para a saúde humana, aumentando o número de gorduras poliinsaturadas ácidos graxos pounsaturados (ômega 3 e ômega 6), ácidos rumênico e vacênico e diminuição do teor de ácidos graxos saturados e ácidos graxos trans prejudiciais à saúde humana (Morales; Ungerfeld, 2015; Vahmani et al., 2020), por meio da dieta oferecida aos animais para assim reduzir o efeito negativo dos lipídeos nos microrganismos ruminais (Valinote et al. 2005; Jenkins et al., 2008).

A alta ingestão de ácidos graxos insaturados, faz com que a capacidade dos microrganismos do rúmen em biohidrogenar seja excedida, ocorrendo maior absorção intestinal de ácidos graxos insaturados. Isso ocorre pois com o aumento de lipídeos nas dietas de ruminantes acarreta na inibição da lipólise e acúmulo de ácidos graxos poliinsaturados no ambiente ruminal inibindo a biohidrogenação completa, alterando o ambiente ruminal e modificando a população bacteriana responsável pela biohidrogenação aumentando a passagem dos ácidos graxos insaturados para o intestino delgado, possibilitando maior

absorção e alteração do perfil de ácidos graxos da carne (Jenkins et al., 2008; Hess et al. 2008; Abuelfatah et al., 2016; Balgado et al., 2019; Parente et al., 2020).

O fornecimento de coprodutos de sementes de oleaginosas em dietas para cordeiros pode ser uma estratégia nutricional para alterar a composição da gordura da carne, uma vez que dependendo da composição, da fonte fornecida e do metabolismo ruminal, pode-se aumentar a absorção intestinal de ácidos graxos poli insaturados e sua incorporação à carne. Esses subprodutos são ótimas fontes de lipídios, apresentam elevado teor de proteína bruta (PB), além de serem economicamente viáveis e sustentáveis (Adeyemi et al., 2015; Salami et al., 2019; Balgado et al., 2019).

4 Líquido da Casca da Castanha do Cajú (LCC)

O líquido da casca de castanha de caju (LCC) é um exemplo de óleo funcional, que a literatura mostra que pode ser usado com o objetivo de substituir os antibióticos, por apresentar ações semelhantes a estes, principalmente no que se refere ao controle da população bacteriana no interior do rúmen, por meio da seleção de bactérias mais eficientes para melhor aproveitamento do alimento e assim diminuir as perdas energéticas (Michailoff et al., 2020).

Além disso, esse óleo pode substituir os ingredientes tradicionais, como milho, na dieta de cordeiros e contribuir para o mercado de carnes a partir da melhoria da qualidade lipídica destas carnes (Salami et al., 2019; Michailoff et al., 2020), conduzindo a modificações desejáveis na carne, em termos nutricionais (perfil de ácidos graxos) e nos atributos sensoriais (aroma, sabor, maciez e suculência) (Lima et al., 2018; Costa et al., 2018).

O líquido da casca da castanha do caju é extraído do mesocarpo esponjoso da castanha do caju (*Anacardium occidentale*), planta tropical originária do Brasil. Caracteriza-se por um líquido escuro (quase preto), viscoso e com odor característico (Rodrigues et al., 2006; Lopes et al., 2008; Mazzetto et al., 2009). É considerado subproduto do agronegócio do caju, além de ser uma fonte renovável, biodegradável e em abundância, principalmente no Brasil (Andrade et al., 2011; Marsiglio, 2012; Mazzetto et al., 2009).

O Brasil é reconhecido mundialmente como o segundo maior produtor de caju, com uma safra de 240.139 mil toneladas no ano de 2008 destacando-se o Estado do Ceará como o principal produtor, cuja safra no mesmo período foi de 121.045 mil toneladas de caju numa área plantada de 397.4 mil hectares (ANUALPEC, 2009). As indústrias de beneficiamento da

castanha estão concentradas principalmente no estado do Ceará, que detém cerca de 70% da capacidade instalada da região nordestina. Somente a agroindústria processadora de castanha de caju no Ceará emprega cerca de 20 mil pessoas, além de proporcionar 280 mil postos de trabalho no campo (Mazzetto; Lomonaco & Mele, 2009). Em 2012 foram exportados um total de US\$ FOB 34.263,565 do LCC produzido no Brasil (Diaz et al., 2015).

Os métodos de extração do líquido da casca da castanha de caju refletem no produto final, que é alterado de acordo com o processo de obtenção. Os métodos mais relevantes de extração do LCC são a extração a frio, extração quente e extração por solvente (Mazzetto et al. 2009), e o produto final pode ser o LCC natural ou o LCC técnico, sendo o LCC natural resultado da extração a frio com prensa, e o LCC técnico da extração térmico-mecânica ou por solvente. A extração comum no Brasil ocorre através do método térmico-mecânico para obtenção das amêndoas gerando grande quantidade de LCC técnico (Andrade et al., 2011; Marsiglio, 2012). Durante a extração do LCC, sob altas temperaturas (180°C) o ácido anacárdico sofre reação de descarboxilação convertendo-se a cardanol, produzindo o LCC técnico

Os principais componentes do LCC natural são o ácido anacárdico (60-65%), cardol (15-20%), cardanol (10%), e traços de metilcardol. O LCC técnico devido ao efeito do calor da extração, e ao processo de descarboxilação, contém principalmente cardanol (67,8-94,6%), cardol (3,8-18,8%) e o ácido anacárdico (1,09-1,75%) (Mazzetto et al., 2009; Voirin et al., 2014).

Além desses compostos, o LCC técnico apresenta alto teor de lipídios totais e a maior parte destes (82,1%) é constituído de ácidos graxos insaturados, sendo 98,6% dos ácidos graxos insaturados presentes, o ácido oléico e linoléico, ácidos graxos essenciais, que aportam alto valor nutricional (Diaz et al., 2015).

Estes compostos do líquido de casca de castanha de caju demonstraram possuir fortes propriedades antibacterianas, antiprotozoárias, antifúngicas e antioxidantes no qual essa propriedade antioxidante foi melhor apresentado pela ação do cardanol, seguida pelo cardol e em último o ácido anacárdico (Stasiuk e Kozubek, 2010; Oliveira et al., 2011).

Estes compostos podem intervir em processos bioquímicos, inibir o desenvolvimento de alguns tipos de bactérias, mudar o perfil de ácidos graxos ruminais e diminuir a produção de gás metano e perdas metabólicas (Oh et al., 2017; Kang et al., 2018; Jayeola et al., 2018; Michailoff et al., 2020).

Agem como aditivo, melhorando o metabolismo microbiano e favorecendo o aumento das concentrações de proprionato no rúmen e, a digestibilidade total da dieta (Maia et al., 2006; Hess et al., 2008). Estes compostos fenólicos também demonstraram efeitos antioxidantes na carne devido à sua proteção contra reações de oxidação, prolongando o prazo de validade e evitando a produção de sabores e odores desagradáveis (Pateiro et al., 2018).

Devido a essas características, e por estes compostos serem produtos naturais, seguros, não tóxicos e que não causam nenhum dano à saúde humana, nem animal, sendo aprovada pela *Food and Drug Administration* (Bakkali et al., 2008; Mazzeto et al. 2009), o LCC é considerado uma alternativa na alimentação dos ruminantes podendo ser fornecido de forma segura (Oh et al., 2017; Kang et al., 2018; Michailoff et al., 2020).

5 Conclusão

Os principais fatores que influenciam na qualidade da carne são o pH, cor, capacidade de retenção de água, perda por cocção, textura, sabor e perfil de ácidos graxos. Sendo essas características influenciadas por diversos fatores, como raça, sexo, genética, estado fisiológico do animal, condições pré e pós abate e a nutrição do animal, no qual esta última característica influencia diretamente a qualidade da carne, sendo, portanto, um fator importante que pode ser modificável para agregar valor ao produto final.

Ficou demonstrado na presente revisão que manipulação de dieta dos ruminantes, com a utilização de óleos funcionais, provenientes de sementes de oleaginosas, como o líquido da casca da castanha do caju (LCC), é justificável, pois além do fornecimento de energia aos animais, favorece modificações desejáveis à carne podendo alterar o perfil de ácidos graxos e todos os fatores que exercem influência sobre a qualidade da carne, como composição físico-química e as características sensoriais, influenciando a aceitação pelo mercado consumidor e os resultados econômicos esperados pelos produtores. Porém, deve ser considerado o impacto da inclusão desses produtos no metabolismo ruminal, levando-se em conta o nível de inclusão e tipo de óleo fornecido.

Referências

- Abdalla Filho, A. L., Corrêa, P. S., Lemos, L. N., et al. Diets based on plants from Brazilian Caatinga altering ruminal parameters, microbial community and meat fatty acids of Santa Inês lambs. **Small ruminant research**, v. 154, p. 70-77, 2017.
- Alcantara, M., Morais, I. C. L., Souza, C. M. C. C. Principais Microrganismos envolvidos na deterioração das características sensoriais de derivados cárneos. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 6, p. 1-20, 2012.
- Almela, E., Jordán, M.J., Martínez, C., et al. El flavor de la carne cocinada de cordero. **Eurocarne: La revista internacional del sector cárnico**, n. 178, p. 28-42, 2009.
- Alves, D. D., Goes, R. H. T. B., Mancio, A. B. Maciez da carne bovina. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, Brasil. v.6, n.3, p. 135- 149, 2005.
- AMSA, 2015. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. (2nd ed. version 1.0). American Meat Science Association, Champaign, Illinois, USA.
- Anderson, B. M., Ma, D. W. Are all n-3 polyunsaturated fatty acids created equal?. **Lipids in health and Disease**, v. 8, n. 1, p. 1-20, 2009.
- ANUALPEC. Anuário da Pecuária Brasileira- São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2009. 360p.
- Aranceta, J., Pérez-Rodrigo, C. Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review. **British Journal of Nutrition**, v. 107, n. S2, p. S8-S22, 2012.
- ARES, Gaston. Methodological challenges in sensory characterization. **Current Opinion in Food Science**, v. 3, p. 1-5, 2015.
- Ares, G., Varela, P. Trained vs. consumer panels for analytical testing: Fueling a long lasting debate in the field. **Food Quality and Preference**, v. 61, p. 79-86, 2017.
- Arruda, P.C.L., Pereira, E.S., Pimentel, P.G., et al. Perfil de ácidos graxos no *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis energéticos. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.3, p.1229-1240, 2012.
- Banskalieva, V., Sahlu, T., Goetsch, A.L. Fatty acid composition of goat muscles and fat depots: a review. **Small Ruminant Research**, v.37, n.3, p.255-268, 2000.

- Bazinet, R. P., Chu, M. W. A. Omega-6 polyunsaturated fatty acids: Is a broad cholesterol-lowering health claim appropriate? **Canadian Medical Association Journal**, v.186, 434–439, 2014.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., et al. Biological effects of essential oil: a review. **Food and Chemical Toxicology**, v.46, n.2, p.446-75, 2008.
- Beriain, M. J., Gómez, I., Ibáñez, F. C., et al. Improvement of the functional and healthy properties of meat products. In: **Food quality: Balancing health and disease**. Academic Press. p. 1-74, 2018
- Bezerra, L. S., Barbosa, A. M., Carvalho, G. G. P., et al. Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. **Meat Science**, v.121, p.88-95, 2016.
- Bess, F., Favero, A., Vieira, S.L., Torrent, J. The effects of functional oils on broiler diets of varying energy levels. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, n. 3, p. 567-578, 2012.
- Białek, M., Czauderna, M., Białek, A. Partial replacement of rapeseed oil with fish oil, and dietary antioxidants supplementation affects concentrations of biohydrogenation products and conjugated fatty acids in rumen and selected lamb tissues. **Animal Feed Science and Technology**, v. 241, p. 63-74, 2018.
- Bonacina, M. S., Osório, M. T. M., Osório, J. C. S., et al. Avaliação sensorial da carne de cordeiros machos e fêmeas Texel × Corriedale terminados em diferentes sistemas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 8, p. 1758-1766, 2011.
- Burin, P. C. Qualidade da gordura ovina: características e fatores de influência. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinária**, v. 17, n. 10, p. 1-28, 2016.
- Calder, P. C. Functional roles of fatty acids and their effects on human health. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v. 39, p. 18S-32S, 2015.
- Campo, M. M., Muela, E., Olleta, J. L., Moreno, L. A., Santaliestra-Pasías, A. M., Mesana, M. I., Sañudo, C. Influence of cooking method on the nutrient composition of Spanish light lamb. **Journal of food composition and analysis**, v. 31, n. 2, p. 185-190, 2013.
- Campo, M. M., Muela, E., Resconi, V. C., et al. Influence of commercial cut on proximate composition and fatty acid profile of Rasa Aragonesa light lamb. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 53, p. 7-12, 2016.
- Campos, F. S., Carvalho, G. G. P., Santos, E. M., et al. Influence of diets with silage from forage plants adapted to the semi-arid conditions on lamb quality and sensory attributes. **Meat science**, v. 124, p. 61-68, 2017.

- Castillo, C., Abuelo, A., Hernández, J.. Ruminant (Bovine, Caprine, and Ovine) Milk and Meat Production: The Challenge of Food Quality and Sustainability Through the Use of Plant Extracts, 25-42, 2019.
- Chaijan, M., Panpipat, W. Mechanism of oxidation in foods of animal origin. In: **Natural Antioxidants**. Apple Academic Press. p. 21-58, 2017.
- Chikwanha, O. C., Vahmani, P., Muchenje, V., et al. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing. **Food Research International**, v. 104, p. 25-38, 2017.
- Cezar, M. F., Souza, W. H. **Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação**. Uberaba, Agropecuária Tropical. 147p, 2007.
- Costa, R.G., Cartaxo, F. Q., Santos, N. M., Queiroga, R. C. R. E. Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. **Revista Brasileira de Saúde Produção Animal**, v.9, n.3, p. 497-506, 2008.
- Costa, J. B., Oliveira, R. L., Silva, T. M., et al. Fatty acid, physicochemical composition and sensory attributes of meat from lambs fed diets containing licuri cake. **PloS one**, v. 13, n. 11, 2018.
- Decker, E A., Park, Y. Healthier meat products as functional foods. **Meat science**, v. 86, n. 1, p. 49-55, 2010.
- Della Malva, A; Albenzio, M.; Annicchiarico, G.; et al. Relationship between slaughtering age, nutritional and organoleptic properties of Altamurana lamb meat, **Small Ruminant Research**, v.135, p.39-45, 2016.
- Delarue, Julien. The use of rapid sensory methods in R&D and research: An introduction. In: **Rapid sensory profiling techniques**. Woodhead Publishing, p. 3-25, 2015.
- Díaz, T. G., Teodoro, A. L., Osmari, M. P., et al. Líquido da casca da castanha de caju em dietas para ruminantes. **Campo Digital**, v. 10, n. 1, 2015.
- Dilzer, A., Park, Y. Implication of conjugated linoleic acid (CLA) in human health. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 52, n. 6, p. 488-513, 2012.
- Dyall, S. C. Long-chain omega-3 fatty acids and the brain: a review of the independent and shared effects of EPA, DPA and DHA. **Frontiers in aging neuroscience**, v. 7, p. 52, 2015.
- Farouk, M. M., Al-Mazeedi, H. M., Sabow, A. B., et al. Halal and Kosher slaughter methods and meat quality: A review. **Meat Science**, v. 98, n. 3, p. 505-519, 2014.

- Gama, K. V. M. F., Pereira Filho, J. M., Soares, R. F., et al. Fatty acid, chemical, and tissue composition of meat comparing Santa Inês breed sheep and Boer crossbreed goats submitted to different supplementation strategies. **Tropical Animal Health and Production**, v. 52, n. 2, p. 601-610, 2020.
- Gesteira, S. M., Oliveira, R. L., Silva, T. M., et al. Physicochemical quality, fatty acid composition, and sensory analysis of Nellore steers meat fed with inclusion of condensed tannin in the diet. **Journal of food science**, v. 83, n. 5, p. 1366-1372, 2018.
- Gouvêa, A. A., Oliveira, R. L., Leão, A. G., et al. Color, sensory and physicochemical attributes of beef burger made using meat from young bulls fed levels of licuri cake. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 96, n. 11, p. 3668-3672, 2016.
- Guerra-Rivas, C., Vieira, C., Rubio, B., et al. Effects of grape pomace in growing lamb diets compared with vitamin E and grape seed extract on meat shelf life. **Meat Science**, v. 116, p. 221-229, 2016.
- Harvatine, K. J., Allen, M. S. Fat supplements affect fractional rates of ruminal fatty acid biohydrogenation and passage in dairy cows. **The Journal of nutrition**, v. 136, n. 3, p. 677-685, 2006.
- Hennessy, A. A., Ross, R. P., Devery, R., Stanton, C. The health promoting properties of the conjugated isomers of α -linolenic acid. **Lipids**, v. 46, n. 2, p. 105-119, 2011.
- Hess, B.W., Moss, G.E., Hule, D.C. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. **Journal of Animal Science**, v.86, p.188- 204, 2008.
- Howes, N. L., Bekhit, A. E. A., Burritt, D. J., Campbell, A. W. Opportunities and implications of pasture- based lamb fattening to enhance the long- chain fatty acid composition in meat. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 1, p. 22-36, 2015.
- Jaworska, D., Czauderna, M., Przybylski, W., Rozbicka-Wieczorek, A. J. Sensory quality and chemical composition of meat from lambs fed diets enriched with fish and rapeseed oils, carnosic acid and seleno-compounds. **Meat science**, v. 119, p. 185-192, 2016.
- Jayeola, C. O., Adebawale, B. A., Yahaya, L. E., Ogunwolu, S. O., Olubamiwa, O. Production of Bioactive Compounds From Waste. In: **Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods**. Academic Press. p. 317-340, 2018.

- Jenkins, T.C., Wallace, R.J., Moate, P.J., Mosley, E.E. Board-invented review: Recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, Savoy, v.86, p. 397-412, 2008.
- Jiang, J., Xiong, Y. L. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. **Meat Science**, 120, 107–117, 2016
- Kang, S., Suzuki, R., Suzuki, Y., et al. Rumen responses to dietary supplementation with cashew nut shell liquid and its cessation in sheep. **Animal science journal**, v. 89, n. 11, p. 1549-1555, 2018.
- Kemp SE, Hort J, Hollowood T: **Descriptive analysis in sensory evaluation**. John Wiley & Sons, Ltd; 2018.
- Lawrie, R. A. **Ciência da carne**. 6. ed. São Paulo: Artmed. 2005. 384 p
- Lima de Oliveira, A. G. V., Oliveira, R. L., Silva, T. M., et al. Feeding sunflower cake from biodiesel production to Santa Ines lambs: Physicochemical composition, fatty acid profile and sensory attributes of meat. **PloS one**, v. 13, n. 1, 2018.
- Lorenzo, J. M., Domínguez, R., Carballo, J. Control of lipid oxidation in muscle food by active packaging technology. **Natural Antioxidants: Applications in Foods of Animal Origin; Banerjee, R., Verma, AK, Siddiqui, MW, Eds**, p. 343-382, 2017a.
- Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Baldin, J. C., et al. The use of natural antioxidants to replace chemical antioxidants in foods. **Strategies for Obtaining Healthier Foods; Lorenzo, JM, Carballo, FJ, Eds**, p. 205-228, 2017b.
- Lopes, A.A.S., Carneiro, E.A., Rios, M.A.S., et al. Study of antioxidant property of a thiophosphorated compound derived from cashew nut shell liquid in hydrogenated naphthenics oils. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v. 25, p. 119–127, 2008.
- Maciel, M. V., Amaro, L. P. A., Júnior, D. M. L.; et al. Métodos avaliativos das características qualitativas e Organolépticas da carne de ruminantes. **Revista Verde**, Mossoró, v.6, n.3, p. 17-24, 2011.
- Madrugá, M.S. Castrations and slaughter age effects on panel assessment and aroma compounds of the mestiço goats meat. **Meat Science**, n. 56, p.117-125, 2000.
- Madrugá, M. S., Sousa, W. H., Rosales, M. D., et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.309-315, 2005.
- Madrugá, M.S., Vieira, T.R.L., Cunha, M.G.G. et al. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos

- da carne de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1496-1502, 2008.
- Maia, F.J., Branco, A.F., Mouro, G. F. et al. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p. 1496-1503, 2006.
- Masiglio, B.N. **Óleos funcionais em dieta alto grão para ovinos e efeito sobre a digestibilidade dos nutrientes, desempenho, características da carcaça e do músculo Longissimus dorsi**. 2012. 90p. Dissertação (mestrado em Zootenia) – Universidade Estadual de Maringá.
- Mazzetto, S. E., Lomonaco, D., Mele, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, v. 32, p. 732-741, 2009.
- Michailoff, A.A., Silveira, M.F., Maeda, E.M., et al. Effect of including functional oils in ovine diets on ruminal fermentation and performance. **Small Ruminant Research**, p. 106084, 2020.
- Monte, A. L. S., Gonsalves, H. R. O., Villarroel, A. B. S., et al. B. D. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Campus de Patos, v. 8, n. 3, p. 11-17, 2012.
- Murakami, A.E., Eyng, C., Torrent. J. Effects of functional oils on coccidiosis and apparent metabolizable energy in broiler chickens. **Asian-Australasian journal of animal sciences**, v. 27, n. 7, p. 981, 2014.
- Naes, T., Varela, P., Berget, I. Individual differences in descriptive sensory data (DA). In: Individual Differences in Sensory and Consumer Science. **Elsevier**. p. 25-55, 2018.
- Neto, O. M., Chizzotti, M. L., Ramos, E. M., et al. D. S., Ladeira, M. M. Fatty acid profile and meat quality of young bulls fed ground soybean or ground cottonseed and vitamin E. **animal**, v. 9, n. 2, p. 362-372, 2015
- Nelson, M. L., Busboom, J. R., Ross, C. F., O’Fallon, J. V. Effects of supplemental fat on growth performance and quality of beef from steers fed corn finishing diets. **Journal Animal Science** v.86, p.936–948, 2008.
- Oh, S., Suzuki, Y., Hayashi, S., et al. Potency of cashew nut shell liquid in rumen modulation under different dietary conditions and indication of its surfactant action against rumen bacteria. **Journal of Animal Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 27, 2017.

- Oliveira, A.C., Silva, R.R., Oliveira, H.C. et al. Influência da dieta, sexo e genótipo sobre o perfil lipídico da carne de ovinos. **Archivos de Zootecnia**, v.62, p.57-72, 2013.
- Osorio, J.C.S., Osorio, M.T.M., Sanudo, C. Características sensoriais da carne ovina. **R. Bras. Zootec.**, Viçosa , v. 38, n. spe, p. 292-300, 2009 .
- Palmquist, D. L.; Mattos, W. R. S. Metabolismo de Lipídeos. IN: Berchielli, T. T.; Pires, A. V.; Oliveira, S. G. Nutrição de Ruminantes. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2006. Cap. 10. p. 287-310.
- Parodi P.W. Dietary guidelines for saturated fatty acids are not supported by the evidence. **International Dairy Journal**, v. 52, p. 115-123, 2016.
- Pateiro, M., Barba, F. J., Domínguez, R., et al. Essential oils as natural additives to prevent oxidation reactions in meat and meat products: A review. **Food Research International**, v. 113, p. 156-166, 2018.
- Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J., et al. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes--a review. **Meat Science**, Barking, v. 89, n. 2, p. 111-124, 2011.
- Pereira, L., A. J. V. Pires., G.G.P. de Carvalho, R.V.M.M., et al. Nutritional characteristics of lambs meat fed diets with cotton cake. **Journal of Food Quality**, v. 39, p. 140-149, 2016.
- Pinheiro, R. S. B., Silva Sobrinho, A. G., Souza, H. B. A., et al. Características sensoriais da carne de cordeiros não castrados, ovelhas e capões. **Rev.Bras. Saúde Prod. An.**, v.9, n.4, p.787-794, 2008.
- Ponnampalam, E. N., Butler, K. L., Pearce, K. M. et al. Sources of variation of health claimable long chain omega-3 fatty acids in meat from Australian lamb slaughtered at similar weights. **Meat Science**, v.96, n.2, p.1095–1103, 2014.
- Pophiwa, P., Webb, E. C., Frylinck, L. A review of factors affecting goat meat quality and mitigating strategies. **Small Ruminant Research**, v. 183, p. 106035, 2020.
- Quiñones, J., Maggiolino, A., Bravo, S., et al. Effect of canola oil on meat quality and fatty acid profile of Araucano creole lambs during fattening period. **Animal Feed Science and Technology**, v. 248, p. 20-26, 2019.
- Ramos, E.M., Gomide, L.A.M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 599p.
- Resurreccion, A.V.A. Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products. **Meat Science**, v.66, n.1, p.11-20, 2003.

- Ribeiro, C. V. D. M., Oliveira, D. E., Juchem, S. O., et al. Fatty acid profile of meat and milk from small ruminants: a review. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 1, p. S121-S137, 2011.
- Rodrigues, F. H. A., Feitosa, J. P. A., Ricardo, N. M. P. S., et al. Antioxidant activity of cashew nut shell liquid (CNSL) derivatives on the thermal oxidation of synthetic cis-1,4-polyisoprene. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 17, n. 2, p. 265–271, 2006.
- Rutkowska, J., Bialek, M., Adamska, A., et al. Differentiation of geographical origin of cream products in Poland according to their fatty acid profile. **Food Chemistry**, v. 178, p. 26-31, 2015.
- Saldaña, E., Merlo, T. C., Patinho, I., et al. Use of sensory science for the development of healthier processed meat products: A critical opinion. **Current Opinion in Food Science**, 2020.
- Salter, A. M. Dietary fatty acids and cardiovascular disease. **Animal: an international journal of animal bioscience**, v. 7, n. s1, p. 163, 2013.
- Salami, S. A., Luciano, G., O’Grady, M. N., et al. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 251, p. 37-55, 2019.
- Santos-Silva, J., Bessa, R.J.B., Mendes, I.A. The effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lamb. II. Fatty acid composition of meat. **Livestock Science**, v.77, p.187-194, 2002.
- Silva Sobrinho, A.G., Purchas, R.W., Kadim, I.T., et al. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.1070-1078, 2005.
- Silva, N. V., da Silva, J. H. V., de Souza Coelho, M., et al. Características de carcaça e carne ovina: uma abordagem das variáveis metodológicas e fatores de influência. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.2, n.4, p.103-110, 2008.
- Silva, T.M., Medeiros, A.N., Oliveira, R.L., et al. Carcass traits and meat quality of crossbred Boer goats fed peanut cake as a substitute for soybean meal. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 7, p. 2992-3002, 2016.
- Shahidi, F. Lipid-derived flavors in meat products. **Meat processing: improving meat quality**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, p. 105-21, 2002.
- Shinkai, T., Enishi, O., Mitsumori, M., et al. Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid. **Journal of Dairy Science**, v. 95 p 5308–531, 2012.

- Toral, P.G., Monahan, F.J., Hervás, G., et al. Modulating ruminal lipid metabolism to improve the fatty acid composition of meat and milk. Challenges and opportunities. **animal**, v. 12, n. s2, p. s272-s281, 2018.
- Troy, D.J., Kerry, J.P. Consumer perception and the role of science in the meat industry. **Meat science**, v. 86, n. 1, p. 214-226, 2010.
- Turan, H., Sönmez, G., Kaya, Y. Fatty acid profile and proximate composition of the thornback ray from the Sinop coast in the Black Sea. **Journal of Fisheries Sciences**, v.1, p. 97-103, 2007.
- Ulbricht, T.L.V, Southgate, D.A.T. Coronary heart disease: Seven dietary factors. **Lancet**, v.338, p.985-992, 1991.
- Valinote, A.C., Nogueira Filho, J. C. M., Paulo Roberto Leme, P. R., et al. Fontes de Lipídeos e Monensina na Alimentação de Novilhos Nelore e sua Relação com a População de Protozoários Ciliados do Rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia.**, v. 34, n. 4, p. 1418-1423, 2005.
- Ventanas, S., González-Mohino, A., Estévez, M., et al. Innovation in sensory assessment of meat and meat products. **In: Meat Quality Analysis. Academic Press**, p. 393-418, 2020.
- Voirin, C., Caillol, S., Sadavarte, N. V., et al. Functionalization of cardanol: towards biobased polymers and additives. **Polymer Chemistry**, v. 5, n. 9, p. 3142-3162, 2014.
- Zeola, N. M. B. L. Conceitos e parâmetros utilizados na avaliação da qualidade da carne ovina. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v.26, n.304, p.36-56, jun. 2002.
- Zeola, N.M.B., Sousa, P.A., Souza, H.B.A. Características sensoriais da carne de cordeiro maturada e injetada com cloreto de cálcio. **Archivos de zootecnia**, v.59, n. 228, p.539-548, 2010.
- Watkins, P. J., Kearney, G., Rose, G., et al. Effect of branched-chain fatty acids, 3-methylindole and 4-methylphenol on consumer sensory scores of grilled lamb meat. **Meat Science**, v. 96, n. 2, p. 1088-1094, 2014.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, p.21-32, 2003.

CAPÍTULO II:

Influence of dietary supplementation of natural oil antioxidant extracted from the cashew nut shell liquid on growth, physicochemical quality and fatty acid composition of lamb meat

Artigo submetido ao periódico *Animal Feed Science and Technology*
(JCR 2,582, Qualis A1)

Influence of dietary supplementation of natural oil antioxidant extracted from the cashew nut shell liquid on growth, physicochemical quality and fatty acid composition of lamb meat

D. G. de S. Araújo^a, J. M. Pereira Filho^a, A. L. da Silva^b, S. C. de M. L. and Silva^d, J. P. F. de Oliveira^b, S. E. Mazzetto^e, R. L. Edvan^d, R. L. Oliveira^c, L. R. Bezerra^a

^aFederal University of Campina Grande, Department of Animal Science and Health, 58708110, Patos, Paraíba, Brazil.

^bFederal University of Campina Grande, Department of Animal Science, 58708110, Patos, Paraíba, Brazil.

^cFederal University of Bahia, Department of Animal Science, 40170110, Salvador, Bahia, Brazil.

^dFederal University of Piauí, Department of Animal Science, 64049550, Teresina, Piauí, Brazil.

^eFederal University of Ceará, Department of Organic and Inorganic Chemistry, Campus do PICI, 60455760 Fortaleza, Ceará, Brazil.

***Corresponding Author:** Federal University of Campina Grande, Department of Animal Science, Avenida Universitária, s/n - Jatobá, 58708110, Patos city, Paraíba State, Brazil; E-mail: deboragomesdesousa1994@gmail.com

Short title

Meat quality Dorper × Santa Inês lambs fed cashew nut shell liquid (CNSL)

Abstract: The cashew nut shell liquid (CNSL) is one natural antioxidant rich in phenolic lipids, being obtained as a co-product of the almond extraction process during the processing of the nut and it can be used in the diet of sheep as a source of energy. The CNSL was added in lambs diet replacing ground corn to evaluate the effect of the meat quality. A total of 40 Dorper × Santa Inês crossbred lambs with a mean age of five months, initial body weight of

26.0 ± 2.4 kg was distributed in a randomized blocks design with four treatments [CNSL inclusion at 0 (control), 0.75; 1.5 and 2.25% in dry matter (DM)]. The use of technical CNSL up to the level of 1.5% of DM improved the DMI and growth performance of the lambs and the general meat quality characteristics ($P \leq 0.05$). The redness coloration parameters, the saturation index, the concentrations of vaccenic acid and the sum of *trans*-fatty acids increased linearly ($P \leq 0.05$) by CNSL inclusion in lamb diets. The concentrations of oleic fatty acid, the sum of *cis*-monounsaturated fatty acids; the relation between monounsaturated fatty acids and saturated fatty acids, the rumenic acid and hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids reduced linearly ($P \leq 0.05$) from CNSL diets inclusion. The inclusion of CNSL in lamb diets did not affect ($P > 0.05$) the meat instrumental parameters of pH, loss by cooking, color, water retention capacity and shear force and chemical composition (protein, lipid, moisture and ash). The inclusion of cashew nut shell liquid (technical CNSL) in the diet of lambs replacing ground corn in the concentrate up to the level of 1.5% of DM is recommended because it improved DMI, performance and meat coloration of the lambs without affecting physicochemical quality and fatty acid composition of lamb meat.

Keywords: atherogenicity index; cholesterol; *longissimus* muscle; sheep; shear force.

Highlights

- We tested four levels natural oil antioxidant extracted from the cashew nut shell liquid (CNSL) in lamb diets
- CNSL up to level 1.5 % DM increased dry matter intake and weight gain of lambs
- Oleic and rumenic acid, Σ MUFA-*cis*, Σ MUFA/ Σ SFA, h:H index reduced by CNSL diets
- Redness meat coloration and saturation index, vaccenic acid increased due CNSL inclusion

1. Introduction

Meat is one of the most complete and important foods in nutritional terms in the human diet because it contains in its composition liposoluble, water-soluble vitamins and minerals, highlighting the presence of iron, in addition to proteins with high biological value correlated to the availability and digestibility of essential amino acids. Due to these characteristics and with the growing demand of consumers for healthier food, the market has demanded and

sought meats with better nutritional quality, mainly regarding the lipid composition and sensorial aspects, besides functional properties beneficial to health. Thus, the production of healthier meat, with a better quality has become a priority (Boada et al., 2016; Wyness, 2016; Beriain et al., 2018).

Meat from ruminant animals has been associated with unhealthy foods due to the predominant lipid composition of saturated fatty acids (SFAs). This occurs due to the process of ruminal biohydrogenation, a medium used to neutralize the toxic effect of unsaturated fatty acids to ruminal microorganisms. Resulting in the absorption of SFAs and its incorporation in the meat, making it rich in SFAs, and this is not a desirable feature to human health, as the high amount of SFAs in the food can lead to cardiovascular diseases, obesity and cancer (Givens, 2010; Najafi et al., 2012; Carneiro et al., 2015; Bezerra et al., 2016). Despite the harmful effects on health, SFAs play an important role in the quality of meat, improving the texture, taste and aroma, and consequently the acceptability of meat. Thus, the nutritional and sensory quality of meat is directly influenced by the composition of fatty acids (Aranceta and Pérez-Rodrigo, 2012; Watkins et al., 2014; Gama et al., 2020).

As a nutritional alternative to modify the fatty acid profile of sheep meat, is the modification of the ingredients in the animals' diet, such as the inclusion of oils from seeds among them the licuri (Costa et al., 2018; Balgado et al., 2019), peanut (Bezerra et al., 2016), cotton (Pereira et al., 2016), sunflower (Lima et al., 2018, Oliveira et al., 2019) and buriti (Parente et al., 2020) in the diet of the animals, since, according to the quantity, composition and source of the oil supplied and the ruminal metabolism, it can promote the increase of the intestinal absorption of PUFA, altering the profile of these fatty acids in the rumen and their deposition in the meat (Adeyemi et al., 2015; Chikwanha et al., 2017; Salami et al., 2019; Michailoff et al., 2020).

Vegetable oils can replace traditional ingredients, such as corn and soy, in the sheep's diet and contribute to the meat market by improving the lipid quality of these meats (Salami et al., 2019; Michailoff et al., 2020), leading to desirable modifications in the fatty acid content of the meat and, in some cases, promoting desirable modifications in its sensory attributes, such as aroma, taste, tenderness and juiciness, as occurred in the study of Lima et al. (2018), in which the inclusion of 30% of sunflower seed cake in the feeding of the lambs, obtained positive results in the sensorial evaluation, in addition to improving the values of nutraceutical compounds such as CLA, AI, PUFA: SFA and PUFA: MUFA ration in the meat and in the study of Costa et al. (2018) with the supplementation of 24% of the licuri cake, there was

improvement in the sensory characteristics and fatty acid profile of the meat, where the sensory attributes of the meat were better evaluated by the higher n-3 PUFA content of the lambs' meat. In other cases, the inclusion of oils may cause the depreciation of these nutritional and sensory attributes of the meat as in the study by Parente et al. (2020) where buriti oil did not promote a change in the composition of fatty acids, with an increase in trans fatty acids, especially *trans*10-18:1 and Arana et al. (2006) also observed that the inclusion of 5% olive oil in the diet of lambs did not influence the composition of fatty acids in the meat.

Among these oils, the cashew nut shell liquid (CNSL) arises as an alternative. The CNSL is one natural antioxidant rich in phenolic lipids, being obtained as a co-product of the almond extraction process during the processing of the nut and the main components of the CNSL are cardanol (67.8-94.6%), cardol (3.8-18.8%) and the anacardic acid (1.09-1.75%), and does not present toxicity (Mazzetto et al., 2009). These compounds have demonstrated strong antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial properties and due to the function of these components, besides presenting antimicrobial activity and being considered an excellent source of unsaturated phenol, of relevance for polymer production (Jayeola et al., 2018). Thus, the CNSL is considered a functional oil and antioxidant, and can be included in the feeding of ruminants with the objective of improving the quality of the meat, besides being an economically viable by-product in the Brazilian agribusiness industry, for being a renewable, biodegradable and sustainable source (Andrade et al., 2011; Kang et al., 2018; Michailoff et al., 2020).

Due to this concern with health and the influence that the diet of ruminants has on quality and especially on the fatty acid profile of meat, in which the increasingly demanding consumer divides himself to health issues, it is necessary to have knowledge of the quality parameters in the lamb production system, focusing on the lipid content as well as the fatty acid composition of meat. Thus, it is hypothesized that the inclusion of CNSL in the lamb diet may improve the performance and quality of the lamb meat due to the increase in energy density due to the high caloric increase (NRC, 2007) and in addition it has antioxidant action due to its chemical composition which modifies the fatty acid composition of the meat of the animals due to the toxic effects on the ruminal bacteria, especially Gram positive, methanogenic bacteria and protozoan in the ruminal environment and at the same time can provide precursors for CLA synthesis in the rumen and/or body tissues. Therefore, this study was conducted to evaluate the best level of inclusion of CNSL on the performance of animals,

centesimal, physical-chemical composition and fatty acid profile of the meat of crossbred lambs (Dorper × Santa Inês).

2. Materials and methods

2.1. Location and ethical considerations

This study was conducted in the Productive Didactic Module of Small Ruminants of the Federal University of Campina Grande (UFCG), Rural Health and Technology Center (CSTR), Patos-PB, located at NUPEARIDO Experimental Farm, CSTR/UFCG (Latitude S - 7°4'44,4"; Longitude W - 37°16'28,5"), Paraíba, Brazil, in strict compliance with the recommendations of the Guide for the Care and Use of Agricultural Animals in Research and Teaching and was approved by the Ethics Committee on Animal Experimentation of the Federal University of Campina Grande, Paraíba, Brazil (Protocol number 05/2019).

2.2. Animals, treatment, handling, diets and chemical composition

Forty lambs from Santa Inês × Dorper crossings were used, all of them uncastrated, with a mean age of five months, average initial body weight of 26.0 ± 2.4 kg, distributed in four treatments with ten repetitions, and design in randomized blocks.

The experimental period was of 75 days, with 15 days of adaptation of the animals to the environment, handling and diets. During the adaptation period, the animals were identified, weighed, treated orally with ivermectin (Ranger LA® 3.5%, Brazil) for parasite control. The animals were allocated to individual hanging stalls, covered with ceramic tiles, provided with feed and water troughs, and also natural ventilation with natural lighting during the day and artificial lighting in the nocturnal period.

The diets were formulated with a 40:60 roughage:concentrate ratio in the form of a complete mixture. The concentrate was composed of ground corn, soybean meal, mineral mixture and increasing levels (0; 0.75; 1.50 and 2.25% in dry matter basis) of cashew nut shell liquid (CNSL) replacing ground corn. The roughage was constituted of chopped Tifton-85 hay. The diets were formulated to meet an average daily gain of 200 g/day, as recommended by the National Research Council (NRC, 2007).

The diets were supplied twice a day (8:00 and 15:00 h) as total mixed ration (TMR) and the leftovers collected and weighed to adjust the offer. To verify the weight gain, weighings were performed every 21 days, with previous fasting of solids of 12 h, starting from the beginning of the experiment until the day of slaughter. The intake of the diet was measured daily, maintaining leftovers of 10% of what was offered. Water was supplied *ad libitum*.

In order to nutritionally characterize the foods, the chemical composition of the diet and of the ingredients offered was determined. To perform the chemical composition analyses, the samples were pre-dried at 55°C for 72 h, ground in a Willey type mill (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brazil) with a 1.00 mm sieve and stored in hermetic plastic containers.

The samples of ingredients and diets were submitted to the analysis for the evaluation of the dry matter (DM; 967.03), minerals (942.05), crude protein (CP; 920.29) and ether extract (EE; 981.10) content, according to the AOAC (2012), as shown in table 1. For the determination of neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF), the methodologies described by Van Soest et al. (1991) were used. For the analysis of the NDF, were added three drops (50 µL) of α -amylase per sample in the washing with the detergent, as well as in the water. The NDF content was corrected for ashes and proteins (NDF_{ap}) following the methodology described by Licitra, Hernandez, and Van Soest (1996), where the neutral detergent residue was burnt in a muffle furnace at 600°C for 4 h, and the correction for the protein was carried out discounting the insoluble protein in neutral detergent. The acid detergent lignin (ADL) was obtained following the methodology described by Van Soest (1967).

The non-fibrous carbohydrates (NFC) of the ingredients used in experimental diets were determined according to Sniffenet al. (1992): $CNF = 100 - (CP + EE + \text{minerals} + FND_{ap})$. The total digestible nutrients (TDN) of the feeds were calculated using the following formula: $TDN = CP_D + NFC_D + NDF_{apD} + 2.25 \times EE_D$ (NRC, 2007), where D is digestible nutrients.

2.3. Extraction and Purification of the CNSL

For the extraction process of the CNSL, the shell was submitted to steam heating up to the temperature of 80°C (Osmari et al., 2015). After the heating, the shell was submitted to pressing, obtaining in the operation the CNSL and a cake formed by the residual content of CNSL that was extracted by solvents (Lubi and Thachil, 2000). In the extraction by solvent, a

thermal-mechanical process (*hot oil process*) was applied, where the hot CNSL itself is used as a means to heat the nuts *in natura* at approximately 190°C; at this temperature, the outer shell ruptures and releases the alkylphenols present in the porous shell (mesocarp), followed by the removal of the inner shell, which allows the recovery of the nuts (Mazzetto et al., 2009). In the CNSL extraction process, is obtained 18% of CNSL and 55% of residual cake, which is used as fuel in the boilers.

The CNSL obtained was then submitted to the decarboxylation operation, which has the purpose of removing CO₂ and moisture. In this process, the CNSL was heated at a temperature of 140°C, with agitation (Lubi and Thachil, 2000). The thermal treatment that CNSL undergoes during its extraction process favors the decarboxylation of the anacardic acid, with the formation of cardanol, thus obtaining the technical CNSL (Mazzetto et al., 2009), used in the present research. The decarboxylated CNSL was filtered to remove impurities through a filter-press and after the filtration, the CNSL was stored.

2.4. Performance, slaughter of the animals and meat processing

The dry matter intake (DMI) was obtained from the quantities of feed offered and the leftovers recorded during the trial period. The lambs were weighed individually at the beginning of the experiment (initial weight) and again every 21 days to determine the average daily gain (ADG), which was calculated based on the difference in the initial and final body weight of the animals divided by the number of days in the experimental period. At the end of the experimental period (60 days), the animals were submitted to a 12-hour fast of solid food and weighed to obtain the slaughter body weight (SBW) and then, the animals were slaughtered following the guidelines of the Federal Inspection Service (FIS) for humane slaughter, according to the norms of the Ministry of Agriculture and Livestock of Brazil (Normative n. 03/00, MAPA, Brazil). At slaughter, after bleeding, skinning and evisceration, the head and legs were removed and carcasses were stored in a cold room, where they were cooled for 24 hours at 4 °C.

Samples of the *longissimus lumborum* muscle, approximately 2.5 cm thick, were collected, packed in aluminum foil and plastic film, and frozen in a freezer (-18 °C) for further analysis of the centesimal, physical-chemical properties and fatty acid composition of meat. Before starting the analysis, the samples used were thawed at 4°C for a 24-hour period.

2.5. Physico-chemical composition of the meat

For the determination of the final pH, evaluated 24 hours after the slaughter in the carcass, a digital potentiometer with a penetration electrode (DIGIMED, model pH 300M, São Paulo, Brazil) was used, introduced in a 2 to 4 cm deep cut, made with a scalpel in the *Semimembranosus* muscle, avoiding contact with fat and connective tissue (Cezar and Sousa, 2007).

For the coloring rates, samples of thawed meat, free of visible connective tissue and with an average thickness of 2.5 cm, were exposed to atmospheric air for 30 minutes so that the myoglobin reaction of the muscle with the oxygen from the air could occur, forming the oxymyoglobin, main pigment responsible for the bright red color of meat. After 30 min, as described by Miltenburg et al. (1992), the coordinates L^* , a^* and b^* were measured in three different muscle points in non-overlapping areas, and an average was calculated for each coordinate per animal. These measurements were performed using a Minolta colorimeter (Konica Minolta, Chroma Meter CR 410, Tokyo, Japan) that was previously calibrated with the CIELAB system using a blank tile, illuminating D65 and 10° as standard observation points. L^* is related to luminosity ($L^* = 0$ black, 100 white); a^* (red) varies from green (-) to red (+); b^* (yellow) varies from blue (-) to yellow (+). The color saturation index (chroma, C^*) was calculated according to Boccard et al. (1981) by the formula: $(\text{index } a^{*2} + \text{index } b^{*2})^{0.5}$.

The water holding capacity (WHC) was determined according to the methodology described by Santos-Silva et al. (2002), where samples of the *Longissimus lumborum* muscle of approximately 300 mg were weighed. These were placed between two pieces of filter paper previously weighed (P1) and pressed for five minutes, with a weight of 3.4 kg. After the pressing, the samples were removed and then the papers were weighed (P2). The water retention capacity was calculated according to the following formula: $\text{WHC (\%)} = (P2 - P1)/S \times 100$, where "S" represents the weight of the sample.

To estimate the cooking weight losses (CL), two 2.5 cm thick samples were used, packed in metallic sheets and weighed to obtain the weight before and after cooking in the Grill. The difference between these was the loss by cooking, and the value was expressed as a percentage according to Duckett et al. (1998). The sample was considered cooked when the internal temperature of the meat reached 70°C , and the temperatures were monitored using a specialized thermometer for cooking meat (Acurite®).

Then the shear force evaluation was performed, where the samples used in the cooking losses analysis were used. These were cooled down to room temperature and three cylindrical meat samples were made, in the direction of the muscular fibers, which were arranged in the equipment with the fibers oriented perpendicular to the blade to check the cutting force, using the texturometer device (BFG 1000N, Mecmesin, United Kingdom) attached to a Warner-Bratzler type blade (WBSF). The equipment was calibrated with a standard weight of 5.00 kg and the descent and cutting speed of the device with 20 cm/minute, the peak shear force was recorded and the results expressed in kgf/cm² (Shackelford et al., 1999).

The determination of the content of moisture, dry matter, minerals and raw meat protein followed the recommendations of the AOAC (2012). The lipid extract used to find the fatty acid profiles of the samples of meat, diet and CNSL was obtained using the technique described by Bligh, and Dyer (1959), using 2:1 chloroform and methanol as solvents. The composition of FA of the CNSL and diets are described in Table 2.

After lyophilization, approximately 3.0 g of lyophilized meat sample were weighed into an Erlenmeyer flask and then 60 mL of the solvent mixture was added. Subsequently, the Erlenmeyer flasks were taken to a shaking table (New Technique 145, Piracicaba - SP, Brazil), and were shaken for 30 min at 125 rpm with a temperature of 30 °C. After the agitation, the samples were canalized with filter paper and, then, 20 mL of distilled water were added to the Erlenmeyer flasks to wash the filtrate. The content was placed in 100mL penicillin-type amber flasks, and left to rest during the night until the layers separated. The superior layer was discarded, the bottom was taken to a rotary evaporator (RV 10 Basic, Munich, Germany), placed in amber glass flasks, so that all the chloroform of the samples was evaporated leaving only the extracted lipids. After evaporation, the extracted lipids were transferred to 5 mL amber flasks and the flasks were weighed on the analytical balance (Shimatzu Y220, Tokyo, Japan) before and after the transfer, to produce the lipidic yield.

2.6. Fatty acid profile of the meat

The lipid extract used to find the fatty acid profiles of the diet samples and the lamb meat was obtained following methodology described by Bligh and Dyer (1959), with adaptations and using 2:1 chloroform and methanol as solvents. The lipids extracted from samples of diets and *longissimus lumborum* muscles were derivatized according to Hartman and Lago (1973). The determination of the FA profile was performed with FA methyl esters

(FAMES), which were extracted from the ingredients of the diets (Table 1) and from the lyophilized samples of the *longissimus lumborum* muscle, and conducted according to the method described by O'Fallon et al. (2007), in which a solution of potassium hydroxide, methanol, sulfuric acid, hexane and internal standard C19:0 was used.

The FA composition was determined by gas chromatography on a Supelco® Analytical SPTM - 2560 capillary column, 100 m × 0.25 mm × 0.20 µm (Supelco® InC., Bellefonte, PA, USA), installed in a Focus GC gas chromatograph from Thermo Scientific (Thermo Electron SpA®, Milan, Italy). The initial oven temperature was 140°C, subsequently increased to 220°C at a rate of 1°C/min and then maintained for 25 minutes. Hydrogen was used as the carrier gas at a flow rate of 1.5 mL/min. The injector temperature was maintained at 250°C and the detector at 280°C. The injection volume was 1 µL, and the split ratio was 30:1. Fatty acids were identified by comparing retention times with the chromatographic reference standards (Nu-Chek Prep, Inc.), and the concentrations were expressed in *longissimus lumborum* muscle as mg/100 g meat and the ingredients and meta as relative to total FAME (as g/100 g FAME).

The totals for the saturated fatty acids (SFA), monounsaturated fatty acids (MUFA) and polyunsaturated fatty acids (PUFA), as well as the MUFA: SFA, PUFA: SFA, PUFA:MUFA, and n-6:n-3 ratios, were calculated from the identified fatty acid profiles. To evaluate the nutritional quality of the lipid fraction of the *longissimus lumborum* muscle, the Atherogenicity index (AI) was calculated with the equation $AI = [(C12:0 + (4 \times C14:0) + C16:0)] / (\Sigma MUFA + \Sigma n-6 + \Sigma n-3)$ and $TI = (C14:0 + C16:0 + C18:0) / [(0.5 \times \Sigma MUFA) + (0.5 \times \Sigma n-6 + (3 \times \Sigma n-3) + (\Sigma n-3 / \Sigma n-6))]$ (Ulbricht and Southgate, 1991), and the relationship between the hypocholesterolemic and hypercholesterolemic fatty acids (h:H) was calculated, wherein $h:H = (C18:1 \text{ cis-9} + C18:2 \text{ n-6} + C20:4 \text{ n-6} + C18:3 \text{ n-3} + C20:5 \text{ n-3}) / (C14:0 + C16:0)$ according to Santos-Silva et al. (2002). Desired fatty acids (DFA) were obtained according to the Rhee (1992), wherein $DFA = (MUFA + PUFA + C18:0)$.

The enzymatic activities of the $\Delta 9$ -desaturase C16 ($\Delta 9C16$), $\Delta 9$ -desaturase C18 ($\Delta 9C18$) and elongase were estimated according to Smet et al. (2004) with the following equations: $\Delta 9C16 = [C16:1 / (C16:0 + C16:1)] \times 100$, $\Delta 9C18 = [(C18:1 \text{ cis-9}) / (C18:0 + C18:1 \text{ cis-9})] \times 100$ and $\text{elongase} = [(C18:0 + C18:1 \text{ cis-9}) / (C16:0 + C16:1 + C18:1 \text{ cis-9})] \times 100$.

2.7. Experimental design and statistical analyses

The experimental design was in randomized blocks, with four treatments (levels of inclusion of CNSL (0 or control, 0.75, 1.50 and 2.25% in the diet) and 10 experimental units (lamb)/treatment, with the initial weight of the animals the criterion for block formation. The data were analyzed using the MIXED procedure of SAS 9.4 considering the random effects of block and block \times treatment according to the following model:

The following statistical model was used:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \text{ where:}$$

Y_{ijk} = observed value k in the experimental unit that received treatment i , repetition j ;

μ = general average common to all observations;

τ_i = effect of treatment i ;

β_j = effect of block j ;

$\tau\beta_{ij}$ = interaction effect of treatment i and block j ;

ε_{ijk} = random error with mean 0 and variance.

The data were subjected to analysis of variance and regression using Statistical Analysis System software (PROC REG; SAS, 2003 Institute Inc., Cary, NC, USA). The sum of squares of treatments in contrast analysis was decomposed into two contrasts, namely, linear (-2, -1, 0, +1, +2) and quadratic (+2, -1, -2, -1, +2) effects, for the significance of the model ($P < 0.05$).

3. Results

3.1. Performance and physical-chemical composition of the meat

The inclusion of CNSL in the diet of lamb caused a quadratic effect on DMI ($P = 0.034$), average daily weight gain ($P = 0.016$), body weight at slaughter ($P = 0.002$), and the fat concentration of the meat ($P = 0.0021$) of the lambs (Table 3) with the levels ranging from 7.5 to 15 g/kg DM presenting best results. There was a linear reduction in the protein concentration ($P < 0.0001$) of the meat as the inclusion of CNSL increased. The red color parameters (a^* ; $P = 0.0008$) and the saturation or chrome index (C^* ; $P = 0.0006$) increased linearly with the inclusion of CNSL in the animals' diet. The content of dry matter, moisture, minerals, 24-hour pH ($P = 0.59$), shear force (WBSF), cooking weight loss (CL), water

retention capacity (WHC), indexes of luminosity coloring and yellow of the *longissimus lumborum* muscle are not affected ($P > 0.05$) by the inclusion of CNSL in the lamb's diet.

3.2. Profile of fatty acids and nutraceutical compounds

There was a linear reduction in the concentrations (g/100 g FAME and mg/100 g of meat) of C18:1*c*-9 ($P = 0.031$; $P = 0.045$) and Σ MUFACis ($P = 0.042$; $P = 0.049$) and the ratio Σ MUFA: Σ SFA in mg/100 g of the meat ($P = 0.029$) of the lamb (Tables 4 and 5). The addition of CNSL in the lamb's diet increased linearly the concentrations (g/100 g FAME and mg/100 g of meat) of C18:1*c*-11 ($P = 0.029$ and $P = 0.028$) as well as a quadratic increase of the sum of Σ MUFATrans ($P = 0.029$ and $P = 0.021$). In contrast, there was a trend towards linear reduction in concentrations of Σ MUFACis in g/100 g FAME ($P = 0.055$) and C18:2*c*-9-t-11 ($P = 0.068$), Σ MUFA ($P = 0.057$), and the nutraceutical index h:H ($P = 0.055$) in g/100 g of meat due to inclusion of CNSL in the lamb's diet.

The other saturated fatty, mono- and polyunsaturated fatty acids, the sums and relations between SFA, and nutraceutical indexes in lamb's meat were not affected ($P > 0.05$) by the inclusion of CNSL in the diet.

4. Discussion

The tCNSL inclusion in lamb diets resulted in a greater DMI, ADG and slaughter BW when included at moderate levels (ranging from 0.75 to 1.5 g/kg DM), thus increasing the final weight and this was reflected by the increase in meat fat. However, there was a limit, as the inclusion of the highest level of CNSL (2.25% DM) reduced the DMI and performance of the animals and consequently the deposition of fat in the meat. Thus, this reduction at the higher level can be explained by the increase in the EE levels of the diet, due to the toxic effects on rumen bacteria, mainly Gram positive, methanogenic bacteria and protozoa, which affect rumen digestion of food (Morais et al., 2017; Balgado et al., 2019). This toxicity is related to the increased fluidity of the cell membrane, with consequent loss of selective permeability and reduction of the cell viability (Rodrigues et al., 2013). The maximum EE concentration in diets was 1.92 to 4.09% of dry matter, with the inclusion of 2.25% CNSL.

Even so, the average fat content found in all treatments was 2.87 g/100 and it can be considered a lean meat because it has less than 5% fat (Bezerra et al., 2016).

As the CNSL was included in the diet of lambs, the levels of meat protein decreased. This can be explained because, with the increase in weight at slaughter, there is a tendency to reduce the protein content, and, this is probably due to the growth of bone, muscle and adipose tissues of the animal (Bonagurio et al., 2004).

Still, an average protein concentration of 20.3 g/100 g meat indicates good nutritional quality of meat, which is desirable, since meat protein is considered of high biological value and has a high content of essential amino acids (Pedro and Vicente, 2013). Therefore, animals fed with CNSL resulted in higher slaughter weights, increase of the fat content and decrease of protein content of the meat.

The dry matter, moisture and ash contents were not affected by the inclusion of LCC in the lambs' diet, presenting recommended average values that were 74.4% for humidity, 25.4% for dry matter and 1.83% for ashes (Leão et al., 2011; Grandis et al., 2016).

The 24 h pH of the meat was also unaffected by the inclusion of CNSL in the lamb's diets, obtaining an average pH of 5.37, the same in normal intervals for lamb meat of 5.5 and 5.8 (Della Malva et al., 2016) and indicating that the pre-slaughter management techniques were applied efficiently, avoiding the occurrence of animal stress. In addition, this pH is indicative of post mortem changes consistent with high quality meat (Silva et al., 2016; Costa et al., 2018; Ribeiro et al., 2018).

Higher pH values affect meat quality, affecting water retention capacity, taste, color and texture, because according to Ramos and Gomide, (2007) the pH has a marked influence on contraction, proteolysis and protein denaturation, leading to changes in its structure and quality. Thus, the final pH within normality may have been one of the factors that contributed to the normal values of WHC, CL and WBSF (Madruga et al., 2008; Bezerra et al. 2016; Girard et al., 2016; Muela et al., 2016).

In relation to the color of the meat, it was observed that the values of red (a^*) and chroma (C^*) increased linearly, while the values of luminosity (L^*) and yellow (b^*) were not influenced, this shows that the CNSL promoted the increase in the intensity of the red color and lower intensity of yellow color, this result was expected, as the CNSL presents the dark red coloring formed during the polymerization of the CNSL and is attributed to the presence of cardol (Wasserman and Dawson, 1948) and in its composition cardol, cardanol and anacardic acid are antioxidant compounds, and the greatest antioxidant activity is presented

by the cardanol, followed by cardol and last by the anacardic acid (Oliveira et al., 2011a). By means of this antioxidant action of the technical CNSL alterations in the coloration of the meat of the animals that received the oil were expected, which are mainly attributed to the delay of lipid oxidation promoted by the addition of CNSL, positive results in the qualitative characteristics of the meat, related to the coloration parameters. Another factor which explains the ideal color of the meat are the adequate pH and water retention values of the present study (Pearce et al., 2011; Oliveira et al., 2019).

Therefore, the coloring results are in accordance with the values considered normal for lamb meat (Warris, 2003, Bezerra et al., 2016), as the higher the values of L* the lighter-colored the meat is, and the higher the values of a* the redder it is (Madruga, 2004). These results are satisfactory, because they influence the sensory quality of the meat and stands out as the main factor of appreciation at the time of purchase, being the first characteristic analyzed by the consumer; time when other sensory activities have not yet been evaluated; related to factors regarding the quality and level of freshness of the meat (Alcantara et al., 2012; Silva et al., 2016).

The instrumental parameters of water retention capacity (WRC), weight loss by cooking (WLC) and shear force (SF) were not affected by the diet ($P > 0.05$) this occurred due to the pH values being normal, obtaining average recommended values for lamb meat, which were 1.73 kgf for WRC, 29.11% for WLC and 27.8% for WRC (Silva Sobrinho et al., 2005). Therefore, based on this value the meat of the lambs in this study can be considered tender, as it is below 8 kgf/cm² which can result in high acceptance by the consumer (Gonsalves et al., 2012). These results can be explained due to the higher levels of fat in the carcass, since they provide lower losses during cooking, resulting in more succulent meats, due to the fact that the fat in the meat acts as a barrier to moisture loss (Bonagurio et al., 2003).

These results are positive, because meat that does not have the capacity to retain water will have a great loss of liquid when a force is exerted on it, or in the cooking process; with this, a great part of its nutritional value is lost, mainly the water-soluble vitamins, which causes loss in the sensorial characteristics, such as softness, texture, succulence and color (Silva Sobrinho et al., 2005; Pearce et al., 2011; Lima et al., 2018).

It is observed that the values of saturated fatty acids were not influenced by CNSL levels, especially palmitic (C16:0) and myristic (C14:0) fatty acids, which indicates a positive result, since these fatty acids raise the levels of low-density lipoprotein (LDL-cholesterol),

which are associated with increased risk of developing cardiovascular disease (CVD) (Salter, 2013; Jiang and Xiong, 2016; Gesteira et al., 2018).

It is also observed that C18:0 (stearic) did not suffer alterations with the substitution and it, although being saturated, is converted to oleic acid (C18:1) in the organism, which is beneficial to health, being considered neutral in its effects on the increase of plasma cholesterol concentration (Santos et al., 2013; Gesteira et al., 2018; Gama et al., 2020).

These values may be related to the composition of these fatty acids in the diet, which were also not high, and to the chemical composition of the meat, since the diets did not influence their lipid content. These values also suggest that the CNSL in the diet did not affect the activity of lipogenic enzymes important for the synthesis of medium and short chain FA (Kim et al., 2007; Adeyemi et al., 2016).

Therefore, the meat of the lambs fed with cashew nut liquid can be considered healthy, because it does not present in its composition high levels of hypercholesterolemic fatty acids such as C16:0 (palmitic), C14:0 (myristic).

In relation to the MUFA, its total decreased linearly with the increase of the substitution. This decrease occurred due to the fact that the most representative acid (oleic) also presented linear reduction, this decrease of monounsaturated fatty acid C18:1 $c-9$ (oleic) occurred in proportion to what the CNSL level was increased. The oleic fatty acid, presents benefits the fact that it does not decrease high density lipoprotein (HDL), known as good cholesterol, and reduces low density lipoprotein (LDL) levels (Santos et al., 2013).

Thus, in nutritional terms, the C18:1 $c9$ content should have increased, given its high content in the diet, as well as in the CNSL, therefore being an unexpected data, considered a negative result. This can be justified because the delta-9-desaturase concentrations have not been altered, and this converts stearic acid (C18:0) (which has also not been altered) into oleic acid (Fiorentini et al., 2015; Oliveira et al., 2019). Probably, the ruminal biohydrogenation of the oleic increased due to the increasing addition of CNSL in the diet of the animals.

There was a linear increase of the vaccenic acid (C18:1 $n-11$) and of the Σ MUFA-*trans*, while the Σ MUFA *cis* and the rumenic acid reduced. The increase of the concentration of the vaccenic and rumenic acid resulted from the ruminal biohydrogenation of the PUFA, especially, of the linoleic acid, therefore the increase of the vaccenic can be related with the diet composition, as they were rich in linoleic acid, and this increases the proportions of the vaccenic acid, by the process of biohydrogenation (Chikwanha et al., 2017). Therefore, the extensive metabolism of unsaturated fatty acids in the rumen results as the main product the

stearic acid that will pass to the abomasum and the intestine will be absorbed. The normal process of biohydrogenation of oleic, linoleic and linolenic acids will form stearic acid, but on some occasions changes occur in this route and the final product may be some trans fatty acids as a consequence of the incomplete biohydrogenation of those fatty acids, like conjugated linoleic acid (CLA) (Buccioni et al., 2012).

Regarding C18:2cis-9, trans-11 (CLA), it was verified that this FA was not altered even with the increase of its intermediate the vaccenic acid (C18:1n-11). This shows that the CNSL did not promote the transformation of the vaccenic acid into CLA, as the high concentration of the vaccenic acid in the rumen can cause an increase of the CLA in animal tissue by the action of the enzyme Δ^9 -desaturase (Oliveira et al., 2011b).

In parts, these results are not positive because the high levels of trans fatty acids are related to increased cholesterol levels, inflammation and the formation of atheromatous plaques in blood vessels. However, not all of the trans MUFA are malefic, as is the case of conjugated linoleic acid (CLA), rumenic acid and vaccenic acid which bring benefits to health, such as anticarcinogenic, antiatherogenic and anti-inflammatory activities (Quiñones et al., 2019; Hennessy et al., 2011; Kuhnt et al., 2016; Chikwanha et al., 2017).

The reduction of the rumenic acid can be justified due to the linolenic acid (ω -6) have lower rates of biohydrogenation compared to LA (ω -3) (Hur et al., 2017). And the rumenic acid is an intermediary formed during the biohydrogenation of linolenic acid and also the great majority of rumenic acid in ruminant tissues originates from endogenous desaturation of vaccenic acid (Groff Funck et al., 2006; Oliveira, Alves et al., 2017).

The biohydrogenation process is influenced not only by the amount and type of fat, but also by the type and concentration of other bioactive substances, such as antioxidants (Buccioni et al., 2012). It can be inferred that the phenolic compounds of CNSL have impaired the last step of biohydrogenation (conversion of vaccenic acid into stearic acid) this also justifies the high values of vaccenic acid and the non-alteration of stearic acid, as well as the low values of rumenic acid (Vasta et al., 2010).

The other MUFAs presented themselves in the form of *t*-18:1 isomer, which is in accordance with what the literature says about the composition of fatty acids prevalent in meat from ruminants (Schmid, 2010). However, the sum of all monounsaturated fatty acids (Σ MUFA) was greater than the total of saturated fatty acids. With this, one can infer a good nutritional quality of the lipid fraction of lamb meat used in this study.

For polyunsaturated fatty acids (Σ PUFA), the diet control and with the inclusion of CNSL showed similar averages. Comparing the sums of the Σ SFA, Σ MUFA and Σ PUFA, it can be seen that the Σ PUFA had lower concentrations. This is normal behavior and is justified by the very nature of the species. In these animals, part of the unsaturated fatty acids originated from the diet is saturated through the process of ruminal biohydrogenation, as a way to neutralize their toxic effect on ruminal microorganisms (Bauman et al., 2011; Oliveira et al., 2013).

Regarding the Σ PUFA: Σ SFA index, which is used to evaluate the nutritional value of the fat ingested in the human diet, the average value found for this index was of 0.13. It is observed that the inclusion of CNSL did not promote the increase of these values, not reaching values closer to those recommended, which should be above 0.45, to prevent the emergence of diseases associated with saturated fat intake (Alfaia et al., 2010; Gesteira et al., 2018).

There was no interference in the relationship of the PUFA ω -6/ ω -3, however, the values presented are high, as according to Wood, Enser, Fisher, Nute, and Sheard (2008) values of up to 4.0 are the desirable amounts in the human diet for the prevention of cardiovascular risks. These unaltered values are due to the absence of effect on linoleic acid and α -linolenic acid, which are, respectively, the main PUFAs n-6 and n-3, and the n-6/n-3 ratio of the meat depends largely on the C18: 2n-6/C18: 3n-3 ratio in the diet (Raes et al., 2004).

The inclusion of CNSL in the diet of lambs promoted a reduction in the values of the relation between hypocholesterolemic and hypercholesterolemic (h:H) fatty acids, which obtained an average of 1.75. The relation between hypocholesterolemic and hypercholesterolemic (h:H index) fatty acids is related to the beneficial lipids found in lamb meat and represents the functional effects of fatty acids on cholesterol metabolism, and values up to 2.0 do not characterize a risk to human health, therefore the values found are considered satisfactory (Anderson and Ma, 2009; Arruda et al., 2012; Parodi, 2016).

The atherogenicity (AI) and thrombogenicity (TI) indexes were not influenced by the increase of the CNSL, which presented averages of 0.60 and 1.47 respectively, being within the values considered adequate (Ulbricht and Southgate, 1991). This result is justified due to the fact that the values of the fatty acids C14:0 and C16:0 have not been altered either (Costa et al., 2018; Gama et al., 2020). The AI and IT indexes are correlated with serum concentrations of LDL and HDL and the lower the values of AI and TI, the greater the amount of antiatherogenic acids and greater the potential for preventing the emergence of

coronary diseases , demonstrating that the CNSL can improve the nutritional quality of the meat (Arruda et al., 2012; Faria et al., 2014, Ribeiro et al., 2018; Lima et al., 2018; Gesteira et al., 2018).

5. Conclusion

The inclusion of cashew nut shell liquid (technical CNSL) in the diet of lambs replacing for ground corn in the concentrate up to the level of 1.5% of DM improved DMI and consequently performance of the lambs and the general characteristics of meat quality. The inclusion of CNSL did not affect the instrumental parameters of pH, loss by cooking, color, water retention capacity and shear strength and did not cause negative effects on chemical aspects such as protein, ether extract, moisture and ash of lamb meat.

In addition, the inclusion of the antioxidant oil slightly changed the profile of fatty acids in meat, since there was no change in saturated fatty acids, mono- and polyunsaturated, as well as no increase in the sums and relations between FA, the AI and TI indexes and the nutraceutical index h:H. And despite the increase in the sum of $\sum \text{MUFA}_{trans}$, the vaccenic acid (C18:1c-11) was in greater quantity among them and this, despite being trans, is reported regarding its beneficial effects on health.

Declaration of conflict of interest

There are no conflicts of interest issues concerning this submission

Acknowledgements

The research was supported by the National Council for Scientific and Technological Development (Brazil), the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and the Federal University of Campina Grande by means of the support facilities.

References

- Adeyemi, K. D., Sabow, A. B., Shittu, R. M., Karim, R., Sazili, A. Q., 2015. Influence of dietary canola oil and palm oil blend and refrigerated storage on fatty acids, myofibrillar proteins, chemical composition, antioxidant profile and quality attributes of semimembranosus muscle in goats. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* 6 (1), 51.

- Adeyemi, K. D., Sazili, A. Q., Ebrahimi, M., Samsudin, A. A., Alimon, A. R., Karim, R., Sabow, A. B., 2016. Effects of blend of canola oil and palm oil on nutrient intake and digestibility, growth performance, rumen fermentation and fatty acids in goats. *Anim. Sci. J.* 87(9), 1137-1147.
- Alcantara, M., de Moraes, I. C. L., de Matos, C., de Souza, O. D. C. C., 2012. Principais Microrganismos envolvidos na deterioração das características sensoriais de derivados cárneos. *Braz. J. Hyg. Anim Sanity.* 6(1), 1-20.
- Alfaia, C. M., Alves, S. P., Lopes, A. F., Fernandes, M. J., Costa, A. S., Fontes, C. M., Prates, J. A., 2010. Effect of cooking methods on fatty acids, conjugated isomers of linoleic acid and nutritional quality of beef intramuscular fat. *Meat Sci.* 84(4), 769-777.
- AMSA, 2015. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. (2nd ed. version 1.0). American Meat Science Association, Champaign, Illinois, USA.
- AOAC, 2012. Official Methods of Analysis, 19th ed. Association of Official Analytical Chemistry, Washington, DC, USA.
- Anderson, B. M., Ma, D. W., 2009. Are all n-3 polyunsaturated fatty acids created equal?. *Lipids Health Dis.* 8(1), 1-20.
- Andrade, T. D. J. S., Araújo, B. Q., Citó, A. M. D. G. L., da Silva, J., Saffi, J., Richter, M. F., Ferraz, A. D. B. F., 2011. Antioxidant properties and chemical composition of technical Cashew Nut Shell Liquid (tCNSL). *Food Chem.* 126 (3), 1044-1048.
- Arana, A., Mendizabal, J. A., Alzon, M., Eguinoa, P., Beriain, M. J., Purroy, A., 2006. Effect of feeding lambs oleic acid calcium soaps on growth, adipose tissue development and composition. *Small Ruminant Res.* 63 (1-2), 75-83.
- Aranceta, J., Pérez-Rodrigo, C., 2012. Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review. *Br. J. Nutr.* 107 (S2), S8-S22.
- Arruda, P. C. L., Pereira, E. S., Pimentel, P. G., Bomfim, M. A. D., Mizubuti, I. Y., de Azambuja Ribeiro, E. L., Regadas Filho, J. G. L., 2012. Fatty acids profile in Longissimus dorsi of Santa Ines lambs fed with different energy levels. *Semina Cienc. Agrar.* 33(3), 1229-1240.
- Bagaldo, A. R., Miranda, G. S., Júnior, M. S., de Araújo, F. L., Matoso, R. V. M., Chizzotti, M. L., Oliveira, R. L., 2019. Effect of Licuri cake supplementation on performance,

- digestibility, ingestive behavior, carcass traits and meat quality of grazing lambs. *Small Ruminant Res.* 177, 18-24.
- Bauman, D. E., Harvatine, K. J., Lock, A. L., 2011. Nutrigenomics, rumen-derived bioactive fatty acids, and the regulation of milk fat synthesis. *Annu. Rev. Nutr.* 31, 299-319.
- Bezerra, L. S., Barbosa, A. M., Carvalho, G. G. P., Simionato, J. I., Freitas Jr, J. E., Araújo, M. L. G. M. L., Carvalho, B. M. A., 2016. Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. *Meat Sci.* 121, 88-95.
- Beriain, M. J., Gómez, I., Ibáñez, F. C., Sarriés, M. V., Ordóñez, A. I., 2018. Improvement of the functional and healthy properties of meat products. In *Food quality: Balancing health and disease* (pp. 1-74). Academic Press.
- Brazil, 2000. Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento. Normativa nº 03/00, de 07 de janeiro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue.
- Bligh, E. G., Dyer, W. J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem.* 37(8), 911-917.
- Boada, L. D., Henríquez-Hernández, L. A., Luzardo, O. P., 2016. The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: Epidemiological evidences. *Food Chem. Toxicol.* 92, 236-244.
- Boccard, R., Buchter, L., Casteels, E., Cosentino, E., Dransfield, E., Hood, D., Touraille, C., 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. Report of a working group in the Commission of the European Communities'(CEC) beef production research programme. *Livest. Prod. Sci.* 8(5), 385-397.
- Bonagurio, S., Pérez, J. R. O., Garcia, I. F. F., Bressan, M. C., Lemos, A. L. D. S. C., 2003. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês puros e mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. *R. Bras. Zootec.* 1981-1991.
- Bonagurio, S., Olalquiaga Pérez, J. R., Furusho-Garcia, I. F., Santos, C. L. D., Lima, A. L., 2004. Composição centesimal da carne de cordeiros Santa Inês puros e de seus mestiços com Texel abatidos com diferentes pesos. *R. Bras. Zootec.* 2387-2393.
- Buccioni, A., Decandia, M., Minieri, S., Molle, G., Cabiddu, A., 2012. Lipid metabolism in the rumen: New insights on lipolysis and biohydrogenation with an emphasis on the role of endogenous plant factors. *Anim. Feed Sci. Technol.* 174(1-2), 1-25.

- Carneiro, W. P., de Farias Ramos, J. P., Pimenta Filho, E. C., de Moura, J. F. P., 2015. Utilização de Carboidratos não Fibrosos na Alimentação de Cabras Leiteiras: Composição e Perfil Lipídico. *Rev. Cient. prod. Anim.* 17(1), 50-60.
- Cezar, M.F., Sousa, W.H., 2007. Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação. Uberaba: Agropecuária Tropical, 232p.
- Chikwanha, O. C., Vahmani, P., Muchenje, V., Dugan, M. E., Mapiye, C., 2018. Nutritional enhancement of sheep meat fatty acid profile for human health and wellbeing. *Food Res. Int.* 104, 25-38.
- Costa, J. B., Oliveira, R. L., Silva, T. M., Barbosa, A. M., Borja, M. S., De Pellegrini, C. B., Bezerra, L. R., 2018. Fatty acid, physicochemical composition and sensory attributes of meat from lambs fed diets containing licuri cake. *PloS one*, 13(11), e0206863.
- Della Malva, A., Albenzio, M., Annicchiarico, G., Caroprese, M., Muscio, A., Santillo, A., Marino, R. O. S. A. R. I. A., 2016. Relationship between slaughtering age, nutritional and organoleptic properties of Altamura lamb meat. *Small Ruminant Res.* 135, 39-45.
- Duckett, S. K., Klein, T. A., Leckie, R. K., Thorngate, J. H., Busboom, J. R., Snowden, G. D., 1998. Effect of freezing on calpastatin activity and tenderness of callipyge lamb. *J. Anim. Sci.* 76(7), 1869-1874.
- Faria, P. B., Pinto, A. M. G., Costa, S. F., Teixeira, J. T., Romitti, F. D., Carvalho, P., Silva, J. N., 2014. Efeito da casca de mandioca sobre a qualidade da carne e parâmetros ruminais de ovinos. *Arch. de Zootec.* 63(243), 437-448.
- Fiorentini, G., Lage, J. F., Carvalho, I. P., Messana, J. D., Canesin, R. C., Reis, R. A., Berchielli, T. T., 2015. Lipid sources with different fatty acid profile alters the fatty acid profile and quality of beef from confined Nellore steers. *Asiático-Australas. J. Anim. Sci.* 28(7), 976. y 2015.
- Gama, K. V. M. F., Pereira Filho, J. M., Soares, R. F., Cordão, M. A., Cézar, M. F., Batista, A. S. M., Bezerra, L. R., 2020. Fatty acid, chemical, and tissue composition of meat comparing Santa Inês breed sheep and Boer crossbreed goats submitted to different supplementation strategies. *Trop. Anim. Health Prod.* 52(2), 601-610.
- Gesteira, S. M., Oliveira, R. L., Silva, T. M., Ribeiro, R. D., Ribeiro, C. V., Pereira, E. S., Bezerra, L. R., 2018. Physicochemical quality, fatty acid composition, and sensory analysis of Nellore steers meat fed with inclusion of condensed tannin in the diet. *J. Food Sei.* 83(5), 1366-1372.

- Givens, D. I., 2010. Milk and meat in our diet: good or bad for health?. *Animal*. 4(12), 1941.
- Girard, M., Dohme- Meier, F., Silacci, P., Ampuero Kragten, S., Kreuzer, M., Bee, G., 2016.
- Forage legumes rich in condensed tannins may increase n- 3 fatty acid levels and sensory quality of lamb meat. *J. Sci. Food Agric*. 96(6), 1923-1933.
- Gonsalves, H. R. O., de Sousa Monte, A. L., Villarroel, A. B. S., Damaceno, M. N., Cavalcante, A. B. D., 2012. Qualidade da carne de caprinos e ovinos: uma revisão. *Agro cien. Sem*. 8(3), 11-17.
- Grandis, F. A., Ribeiro, E. L. D. A., Mizubuti, I. Y., Bumbieris Junior, V. H., Prado, O. P. P. D., Pinto, A. P., 2016. Características de carcaça e qualidade da carne de cordeiros alimentados com diferentes teores de torta de soja em substituição ao farelo de soja. *Cienc. Anim. Bras*. 17(3), 327-341.
- Groff Funck, L., Barrera-Arellano, D., Mara Block, J., 2006. Ácido linoléico conjugado (CLA) e sua relação com a doença cardiovascular e os fatores de risco associados. *Arch Latinoam Nutr*. 56(2), 123-134.
- Hartman, L., Lago, R. C., 1973. Rapid preparation of fatty acid methyl esters from lipids. *Laboratory practice*, 22(6), 475.
- Hennessy, A. A., Ross, R. P., Devery, R., Stanton, C., 2011. The health promoting properties of the conjugated isomers of α -linolenic acid. *Lipids*. 46(2), 105-119.
- Hur, S. J., Kim, H. S., Bahk, Y. Y., Park, Y., 2017. Overview of conjugated linoleic acid formation and accumulation in animal products. *Livest. Prod. Sci*. 195, 105-111.
- Jayeola, C. O., Adebawale, B. A., Yahaya, L. E., Ogunwolu, S. O., Olubamiwa, O., 2018. Production of Bioactive Compounds From Waste. In *Therapeutic, Probiotic, and Unconventional Foods* (pp. 317-340). Academic Press.
- Jiang, J., Xiong, Y. L., 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review. *Meat Sci*. 120, 107-117.
- Kang, S., Suzuki, R., Suzuki, Y., Koike, S., Nagashima, K., Kobayashi, Y., 2018. Rumen responses to dietary supplementation with cashew nut shell liquid and its cessation in sheep. *Anim. Sci. J*. 89(11), 1549-1555.
- Kim, S. C., Adesogan, A. T., Badinga, L., Staples, C. R., 2007. Effects of dietary n-6: n-3 fatty acid ratio on feed intake, digestibility, and fatty acid profiles of the ruminal contents, liver, and muscle of growing lambs. *J. Anim. Sci*. 85(3), 706-716.

- Kuhnt, K., Degen, C., Jahreis, G., 2016. Evaluation of the impact of ruminant trans fatty acids on human health: important aspects to consider. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 56(12), 1964-1980.
- Leão, A. G., Sobrinho, A. G. D. S., Moreno, G. M. B., Souza, H. B. A. D., Perez, H. L., Loureiro, C. M. B., 2011. Características nutricionais da carne de cordeiros terminados com dietas contendo cana-de-açúcar ou silagem de milho e dois níveis de concentrado. *R. Bras. Zootec.* 40(5), 1072-1079.
- Lubi, M. C., Thachil, E. T., 2000. Cashew nut shell liquid (CNSL)-a versatile monomer for polymer synthesis. *Des. Monomers Polym.* 3(2), 123-153.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 10(2-3), 121-143.
- Lima, A. G. V. D. O., Oliveira, R. L., Silva, T. M., Barbosa, A. M., Nascimento, T. V. C., Oliveira, V. D. S., Bezerra, L. R., 2018. Feeding sunflower cake from biodiesel production to Santa Ines lambs: Physicochemical composition, fatty acid profile and sensory attributes of meat. *PloS one.* 13(1), e0188648.
- Madruça, M.S., 2004. Qualidade química, sensorial e aromática da carne caprina e ovina: mitos e verdades. VIII Encontro Nacional para o Desenvolvimento da Espécie Caprina'.(Ed. AE Periódicos) pp, 215-234.
- Madruça, M. S., Vieira, T. R. D. L., Cunha, M. D. G. G., Pereira Filho, J. M., Queiroga, R. D. C. R. D. E., Sousa, W. H. D., 2008. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. *R. Bras. Zootec.* 37(8), 1496-1502.
- Mazzetto, S. E., Lomonaco, D., Mele, G., 2009. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Química Nova.* 32(3), 732-741.
- Michailoff, A. A., Silveira, M. F., Maeda, E. M., Sordi, A. C. B., Francisco, L. F., Farenzena, R., 2020. Effect of including functional oils in ovine diets on ruminal fermentation and performance. *Small Ruminant Res.* 106084.
- Miltenburg, G. A. J., Wensing, T. H., Smulders, F. J. M., Breukink, H. J., 1992. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. *J. Anim. Sci.* 70(9), 2766-2772.

- Morais, J. S., Bezerra, L. R., Silva, A. M. A., Araújo, M. J., Oliveira, R. L., Edvan, R. L., Lanna, D. P. D., 2017. Production, composition, fatty acid profile and sensory analysis of goat milk in goats fed buriti oil. *J. Anim. Sci.* 95(1), 395-406.
- Muela, E., Monge, P., Sañudo, C., Campo, M. M., Beltrán, J. A., 2016. Sensory quality of lamb following long-term frozen storage. *Meat Sci.* 114, 32-37.
- Najafi, M. H., Zeinoaldini, S., Ganjkhanelou, M., Mohammadi, H., Hopkins, D. L., Ponnampalam, E. N., 2012. Performance, carcass traits, muscle fatty acid composition and meat sensory properties of male Mahabadi goat kids fed palm oil, soybean oil or fish oil. *Meat Sci.* 92(4), 848-854.
- NRC, 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
- O'Fallon, J. V., Busboom, J. R., Nelson, M. L., Gaskins, C. T., 2007. A direct method for fatty acid methyl ester (FAME) synthesis: Application to wet meat tissues, oils and feedstuffs. *J. Anim. Sci.* 85 (6), 1511–1521.
- Osmari, M. P., de Matos, L. F., Salab, B. L., Diaz, T. G., Giotto, F. M., 2015. Líquido da casca da castanha de caju: características e aplicabilidades na produção animal. *PUBVET.* 9, 101-157.
- Oliveira, M. S. C., de Moraes, S. M., Magalhães, D. V., Batista, W. P., Vieira, Í. G. P., Craveiro, A. A., de Lima, G. P. G., 2011. Antioxidant, larvicidal and antiacetylcholinesterase activities of cashew nut shell liquid constituents. *Acta Trop.* 117 (3), 165-170a.
- Oliveira, D. M., Ladeira, M. M., Chizzotti, M. L., Machado Neto, O. R., Ramos, E. M., Gonçalves, T. M., Ribeiro, J. S., 2011. Fatty acid profile and qualitative characteristics of meat from zebu steers fed with different oilseeds. *J. Anim. Sci.* 89(8), 2546-2555b.
- Oliveira, A. C., Silva, R. R., Oliveira, H. C., Almeida, V. V. S., Garcia, R. F., Oliveira, U. L. C., 2013. Influência da dieta, sexo e genótipo sobre o perfil lipídico da carne de ovinos. *Arch. de Zootec.* 62 (237), 57-72.
- Oliveira, M. A., Alves, S. P., Santos-Silva, J., Bessa, R. J., 2017. Effect of dietary starch level and its rumen degradability on lamb meat fatty acid composition. *Meat Sci.* 123, 166-172.
- Oliveira, V. D. S., Oliveira, R. L., Goes, R. H. T. B., Silva, T. M., Silva, L. F., Freitas, L. S., Bezerra, L. R., 2019. Physicochemical composition, fatty acid profile and sensory

- attributes of the meat of young Nellore bulls fed sunflower cake from the biodiesel industry. *Livest. Sci.* 227, 97-104.
- Parente, M. D. O. M., Rocha, K. S., Bessa, R. J. B., Parente, H. N., de Moura Zanine, A., Machado, N. A. F., Alves, S. P., 2020. Effects of the dietary inclusion of babassu oil or buriti oil on lamb performance, meat quality and fatty acid composition. *Meat Sci.* 160, 107971.
- Parodi P.W., 2016. Dietary guidelines for saturated fatty acids are not supported by the evidence. *Int. Dairy J.* 52, 115-123.
- Quiñones, J., Maggiolino, A., Bravo, S., Muñoz, E., Lorenzo, J. M., Cancino, D., De Palo, P., 2019. Effect of canola oil on meat quality and fatty acid profile of Araucano creole lambs during fattening period. *Anim. Feed Sci. Technol.* 248, 20-26.
- Raes, K., De Smet, S., Demeyer, D., 2004. Effect of dietary fatty acids on incorporation of long chain polyunsaturated fatty acids and conjugated linoleic acid in lamb, beef and pork meat: a review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 113(1-4), 199-221.
- Ramos, M., Gomide, L. D. M., 2007. Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e tecnologias. Viçosa: editora UFV, 1, 599.
- Ribeiro, R. D. X., Medeiros, A. N., Oliveira, R. L., de Araújo, G. G. L., Queiroga, R. D. C. D. E., Ribeiro, M. D., Oliveira, R. L., 2018. Palm kernel cake from the biodiesel industry in goat kid diets. Part 2: Physicochemical composition, fatty acid profile and sensory attributes of meat. *Small Ruminant Res.* 165,1-7.
- Rodrigues, D. N., da Silva Cabral, L., Lima, L. R., Zervoudakis, J. T., Galati, R. L., de Oliveira, A. S., Geron, L. J. V., 2013. Desempenho de cordeiros confinados, alimentados com dietas à base de torta de girassol. *Pesqui Agropecu Bras.* 48(4), 426-432.
- Salami, S. A., Luciano, G., O'Grady, M. N., Biondi, L., Newbold, C. J., Kerry, J. P., Priolo, A., 2019. Sustainability of feeding plant by-products: A review of the implications for ruminant meat production. *Anim. Feed Sci. Technol.* 251, 37-55.
- Santos-Silva, J., Mendes, I. A., Bessa, R. J. B., 2002. The effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: 1. Growth, carcass composition and meat quality. *Livest. Prod. Sci.* 76(1-2), 17-25.
- Santos, R. D., Gagliardi, A. C. M., Xavier, H. T., Magnoni, C. D., Cassani, R., Lottenberg, A. M. P., Fenelon, G., 2013. I Diretriz sobre o consumo de gorduras e saúde cardiovascular. *Arq. Bras. Cardiol.* 100(1), 1-40.
- Salter, A. M., 2013. Dietary fatty acids and cardiovascular disease. *Animal.* 7 (s1), 163.

- SAS Institute. 2003. *SAS Systems for Windows*, Version 9.1. Cary, NC, USA: SAS Institute
- Schmid, A., 2010. The role of meat fat in the human diet. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51(1), 50-66.
- Silva, T. M., de Medeiros, A. N., Oliveira, R. L., Gonzaga Neto, S., Queiroga, R. D. C. D. E., Ribeiro, R. D. X., Bezerra, L. R., 2016. Carcass traits and meat quality of crossbred Boer goats fed peanut cake as a substitute for soybean meal. *J. Anim. Sci.* 94 (7), 2992-3002.
- Silva Sobrinho, A.G.D., Purchas, R. W., Kadim, I. T., Yamamoto, S. M., 2005. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *Rev. Bras. Zootecn.* 34 (3), 1070-1078.
- Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J., Hopkins, D. L., 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes—A review. *Meat Sci.* 89 (2), 111-124.
- Pereira, L., Pires, A. J., Carvalho, G. G., Silva, R. V., Simionato, J. I., Lacerda, E. C., Carvalho, B. M., 2016. Nutritional characteristics of lambs meat fed diets with cotton cake. *J. Food Qual.* 39 (2), 140-149.
- Rhee KS. 1992 .Fatty acids in meats and meat products. In: *Fatty acids in foods and their health implications* (ed. CKCHOW), pp 65–93. Marcel Dekker, New York.
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M., 1999. Evaluation of slice shear force as an objective method of assessing beef longissimus tenderness. *J. Anim. Sci.* 77 (10), 2693-2699.
- Sniffen, C. J., O'connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G., Russell, J. B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.* 70 (11), 3562-3577.
- Smet, S., Raes, K., Demeyer, D., 2004. Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research.* 53(2), 81-98.
- Ulbricht, T. L. V., Southgate, D. A. T., 1991. Coronary heart disease: seven dietary factors. *The lancet.* 338 (8773), 985-992.
- Van Soest, P. J., 1967. Development of a comprehensive system of feed analyses and its application to forages. *J. Anim. Sci.* 26 (1), 119-128.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., Lewis, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (10), 3583-3597.

- Vasta, V., Yáñez-Ruiz, D.R., Mele, M., Serra, A., Luciano, G., Lanza, M., Priolo, A., 2010. Bacterial and protozoal communities and fatty acid profile in the rumen of sheep fed a diet containing added tannins. *Appl. Environ. Microbiol.* 76 (8), 2549-2555.
- Watkins, P. J., Kearney, G., Rose, G., Allen, D., Ball, A. J., Pethick, D. W., Warner, R. D., 2014. Effect of branched-chain fatty acids, 3-methylindole and 4-methylphenol on consumer sensory scores of grilled lamb meat. *Meat Sci.* 96 (2), 1088-1094.
- Wasserman, D., Dawson, C. R., 1948. The cardol component of Indian cashew nut shell liquid with reference to the liquid's vesicant activity. *J Am Chem Soc.* 70 (11), 3675-3679.
- Warris, P. D. *Ciencia de la carne.*, 2003. Editorial Acribia. Zaragoza, España, p. 123-127.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Whittington, F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78(4), 343-358.
- Wyness, L., 2016. The role of red meat in the diet: nutrition and health benefits. *Proc. Nutr. Soc.* 75(3), 227-232.

Table 1

Ingredients and chemical composition of the experimental diets

Item	Cashew nut shell liquid (%DM)			
	0	0.75	1.5	2.25
Proportion of Ingredients (g/kg DM)				
Tifton-85 hay	400	400	400	400
Soybean meal	174	174	174	174
Ground corn	411	403.5	396	388.5
Cashew nut shell liquid (CNSL)	0	7.5	1.5	22.5
Mineral mixture ^a	15	15	15	15
Chemical composition (g/kg DM)				
Dry matter (g/kg as fed)	877	878	879	880
Crude ash	56.7	56.6	56.5	56.4
Crude Protein	132	132	132	132.1
Ether extract	19.2	26.4	33.6	40.9
Neutral detergent fiber _{ap} ^b	373	372	371	370
Nonfibrous carbohydrate	418	412	407	401
Total digestible nutrients	693	701	708	716

^aAssurance levels per kilogram of product: 220 g Ca, 163 g P, 12 g S, 12.5 g Mg, 2 mg Zn, 3500 mg Cu, 3640 mg Mn, 310 mg Co, 1960 mg Fe, 280 mg I, 9000 mg Zn, 1630 mg Fl, 32 mg Se.

^bCorrected for ash and protein

Table 2

Fatty acid composition of the ingredients and experimental diets

Fatty acids	Cashew nut shell liquid (CNSL; %DM)				CNSL
	0	0.75	1.5	2.25	
Total fatty acids (g/100 g fed)	3.78	3.99	3.98	3.63	1.22
Saturated fatty acids (SFA; g/ 100 g FAME)					
C6:0	0.01	0.02	0.02	0.03	0.00
C8:0	0.02	0.07	0.05	0.06	0.12

C10:0	0.17	0.49	0.31	0.25	0.47
C12:0	0.17	0.39	0.18	0.16	0.43
C14:0	0.60	1.32	0.52	0.50	1.77
C16:0	15.92	17.16	15.38	15.34	15.97
C18:0	3.38	3.24	3.03	2.95	5.76
Monounsaturated fatty acids (MUFA; g/ 100 g FAME)					
C16:1	0.45	0.49	0.47	0.37	8.22
C18:1 <i>n-9</i>	30.66	29.81	30.96	29.92	14.32
Polyunsaturated fatty acids (PUFA; g/ 100 g FAME)					
C18:2 <i>n-6</i>	42.38	40.79	42.93	44.44	10.82
C18:3 <i>n-3</i>	1.88	1.74	1.77	1.97	2.83
C20:4 <i>n-6</i>	0.03	0.04	0.04	0.00	0.77
ΣSFA	20.3	22.7	19.5	19.3	24.50
ΣMUFA	31.1	30.3	31.4	30.3	22.54
ΣPUFA	44.3	42.6	44.7	46.4	13.57

Table 3

Growth performance and meat quality of lambs fed with diets containing technical cashew nut shell liquid (CNSL)

Item	Cashew nut shell liquid (%DM)				SEM ^a	<i>P</i> -value ^b	
	0.00	0.75	1.50	2.25		L	Q
Dry matter intake (g/day)	1270	1480	1310	1330	0.076	0.98	0.034
ADG (g/d)	256	267	266	253	0.014	0.89	0.016
Slaughter body weight (kg)	46.2	47.4	47.8	45.4	1.40	0.68	0.002
Chemical composition (g/100 g meat)							
Moisture	74.4	74.3	74.4	74.8	0.29	0.29	0.32
Dry matter	25.6	25.7	25.6	25.2	0.29	0.29	0.32
Protein	21.5	21.2	20.1	18.5	0.25	<0.0001	0.058
Lipids	2.51	3.06	3.28	2.65	0.18	0.41	0.0021
Crude ash	1.77	1.99	1.77	1.79	0.10	0.72	0.35

pH _{24h}	5.36	5.35	5.40	5.39	0.09	0.61	0.98
Water holding capacity %	29.2	29.1	26.4	26.8	1.23	0.07	0.81
Cooking weight loss %	28.2	28.1	29.3	30.9	1.54	0.10	0.48
WBSF ^c (kgf/cm ²)	1.63	1.81	1.53	1.97	0.10	0.13	0.24
Color indexes							
Luminosity (L*)	38.8	38.9	37.9	37.4	0.78	0.13	0.74
Redness (a*)	14.3	13.9	15.2	15.9	0.37	0.0008	0.14
Yellowness (b*)	3.98	3.71	4.48	4.02	0.34	0.53	0.78
Chrome (C*)	14.8	14.4	15.9	16.4	0.37	0.0006	0.17

^aSEM = standard error mean

^bSignificant at $P \leq 0.05$; L = Linear and Q = Quadratic

^cWBSF = Warner-Bratzler shear force

Table 4

Fatty acid profile (g/100 g FAME) do *longissimus lumborum* of lambs fed with diets containing technical cashew nut shell liquid (CNSL)

FA (g/100 g FAME)	Cashew nut shell liquid (%DM)				SEM ^a	P- value ^b	
	0.00	0.75	1.50	2.25		L	Q
Saturated fatty acids (SFA)							
C4:0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.002	0.341	0.989
C6:0	0.01	0.01	0.01	0.01	0.002	0.252	0.958
C8:0	0.04	0.04	0.05	0.04	0.005	0.540	0.413
C10:0	0.24	0.24	0.29	0.24	0.032	0.873	0.478
C12:0	0.15	0.15	0.15	0.25	0.052	0.182	0.341
C14:0	1.95	1.79	1.92	1.94	0.111	0.812	0.428
C15:0	0.26	0.25	0.24	0.26	0.019	0.823	0.561
C16:0	23.79	22.96	23.37	23.72	0.498	0.935	0.248
C18:0	13.37	14.35	13.93	14.13	0.653	0.536	0.555
Monounsaturated fatty acids (MUFA)							
C14:1	0.08	0.06	0.07	0.07	0.009	0.734	0.279
C16:1	2.21	1.90	2.10	2.13	0.101	0.910	0.108
C18:1 _{t-9}	0.46	0.32	0.53	0.33	0.071	0.576	0.638
C18:1 _{t-11}	0.96	1.47	1.41	1.32	0.145	0.133	0.054
C18:1 _{c-9}	41.78	41.74	41.05	39.38	0.781	0.031	0.305
C18:1 _{c-11}	1.23	1.14	1.24	1.30	0.059	0.029	0.751
Polyunsaturated fatty acids (PUFA)							

C18:2 $n-6$	3.63	3.49	3.37	3.72	0.369	0.937	0.519
C18:2 $c-9t-11$	0.37	0.36	0.34	0.30	0.030	0.085	0.491
C18:2 $t-10-c-12$	0.04	0.05	0.04	0.05	0.007	0.546	0.989
C18:3 $n-3$	0.39	0.39	0.36	0.39	0.033	0.824	0.621
C20:4 $n-6$	1.08	1.10	1.86	1.40	0.153	0.149	0.519
Group sums							
Σ SFA	39.87	39.84	40.01	40.64	0.629	0.386	0.611
Σ MUFA	46.63	46.65	46.42	44.55	0.714	0.055	0.201
Σ MUFACis	45.21	44.85	44.47	42.89	0.758	0.042	0.428
Σ MUFATrans	1.42	1.80	1.94	1.66	0.141	0.198	0.029
Σ PUFA	5.54	5.40	5.32	5.87	0.524	0.704	0.520
$\Sigma n-6$	4.72	4.59	4.56	5.12	0.483	0.595	0.485
$\Sigma n-3$	0.39	0.39	0.36	0.39	0.033	0.824	0.621

^aSEM = standard error mean

^bSignificant at $P \leq 0.05$; L = Linear and Q = Quadratic

Table 5

Fatty acid composition and health indexes (mg/100 g of *longissimus lumborum* muscle) of lambs fed with diets containing technical cashew nut shell liquid (CNSL)

FA (mg/100 g meat)	Cashew nut shell liquid (g/kg DM)				SEM ^a	P- value ^b	
	0	0.75	1.50	2.25		L	Q
Saturated fatty acids (SFA)							
C4:0	0.67	0.65	0.63	0.62	0.066	0.542	0.894
C6:0	0.30	0.33	0.34	0.38	0.056	0.286	0.884
C8:0	1.04	1.20	1.30	1.20	0.162	0.442	0.439
C10:0	6.43	6.11	7.49	6.04	0.798	0.950	0.489
C12:0	3.92	3.78	3.88	6.48	1.322	0.198	0.305
C14:0	50.62	45.49	49.73	49.02	2.815	0.961	0.400
C15:0	6.93	6.54	6.44	6.63	0.495	0.582	0.483
C16:0	616.93	584.42	605.10	598.26	15.347	0.603	0.401
C18:0	346.56	365.77	360.89	357.15	18.619	0.750	0.544
Monounsaturated fatty acids (MUFA)							
C14:1	2.17	1.62	1.80	1.87	0.250	0.502	0.193
C16:1	57.43	48.25	54.53	53.74	2.433	0.654	0.094
C18:1 t-9	11.93	8.19	13.78	8.41	1.789	0.520	0.636
C18:1 t-11	24.99	37.44	36.64	33.48	3.686	0.150	0.046
C18:1 c-9	1082.58	1063.94	1063.01	993.81	28.010	0.045	0.377
C18:1 c-11	29.09	29.07	32.02	32.77	1.328	0.028	0.775
Polyunsaturated fatty acids (PUFA)							
C18:2 $n-6$	94.30	88.85	87.24	93.85	9.407	0.943	0.523
C18:2 $c-9-t-11$	9.68	9.28	9.04	7.54	0.776	0.068	0.485
C18:2 $t-10-c-12$	1.16	1.21	1.16	1.32	0.179	0.608	0.779
C18:3 $n-3$	10.28	9.94	9.34	9.86	0.856	0.631	0.615
C20:4 $n-6$	28.28	27.98	30.42	35.40	3.762	0.172	0.491

Group sums and ratios							
\sum SFA	1033.42	1014.33	1035.82	1025.81	23.115	0.989	0.846
\sum MUFA	1208.21	1188.53	1201.80	1124.10	26.489	0.057	0.281
\sum MUFA _{Acis}	1171.28	1142.89	1151.37	1082.20	27.292	0.049	0.462
\sum MUFA _{trans}	36.93	45.64	50.43	41.89	2.462	0.218	0.021
\sum PUFA	143.73	137.28	137.23	147.99	13.178	0.831	0.521
\sum _{n-6}	122.60	116.83	117.67	129.26	12.165	0.705	0.483
\sum _{n-3}	10.28	9.94	9.34	9.86	0.856	0.631	0.615
\sum MUFA:SFA	1.17	1.17	1.16	1.09	0.024	0.029	0.172
\sum PUFA:SFA	0.14	0.13	0.13	0.14	0.014	0.859	0.536
\sum _{n-6} : \sum _{n-3}	12.36	11.83	12.48	12.96	0.805	0.503	0.539
Heath indexes							
Desirable FA	1698.51	1691.58	1699.93	1629.23	31.51	0.175	0.326
h:H ^c index	1.77	1.83	1.75	1.68	0.049	0.083	0.102
Atherogenicity index	0.61	0.58	0.60	0.63	0.018	0.264	0.125
Thrombogenicity index	1.45	1.45	1.47	1.53	0.033	0.121	0.436
Enzymatic activity							
Δ^9 desaturase (C16)	8.52	7.62	8.26	8.26	0.334	0.932	0.193
Δ^9 desaturase (C18)	75.80	74.42	74.68	73.65	0.872	0.128	0.840
Elongase	67.91	69.29	68.30	67.40	0.739	0.419	0.115

^aSEM = standard error mean; ^bSignificant at $P \leq 0.05$; L = Linear and Q = Quadratic

CONCLUSÃO GERAL

A inclusão do líquido da casca da castanha do caju (LCC técnico) pode ser recomendada até o nível de 1,5% na alimentação dos cordeiros como uma fonte de energia alternativa para melhorar o desempenho dos animais e as características físicas e químicas da carne, pois até esse nível de inclusão na matéria seca promoveu um ganho de peso diário adequado, não reduzindo o consumo e melhorando o desempenho dos animais e as características gerais da qualidade da carne.

A inclusão do LCC não afetou os parâmetros instrumentais de pH, perda por cocção, cor, capacidade de retenção de água e força de cisalhamento e não ocasionou efeitos negativos sobre os aspectos químicos como proteína, extrato étereo, umidade e cinzas da carne.

Além disso, a inclusão do óleo pouco alterou o perfil de ácidos graxos da carne, em vista que não houve alteração nos ácidos graxos saturados, mono- e poli-insaturados, bem como não houve aumento nas somas e relações entre os AG, os índices IA e IT e nos índices nutracêutico h:H. E apesar do aumento no somatório de $\sum AGMI_{trans}$, o ácido vacênico (C18:1c-11) foi em maior quantidade entre eles e este apesar de *trans* é relatado em seus efeitos benéficos na saúde. Com isso a carne dos cordeiros desse experimento pode ser considerada saudável.

Ficou demonstrado que manipulação de dieta dos ruminantes, com a utilização desse óleo funcional, é justificável, pois além do fornecimento de energia aos animais, favorece modificações desejáveis à carne, não alterando de forma negativa o perfil de ácidos graxos e todos os fatores que exercem influência sobre a qualidade da carne. Porém, deve ser considerado o impacto da inclusão desses produtos no metabolismo ruminal, levando-se em conta o nível de inclusão.

ANEXO I



Universidade Federal
de Campina Grande

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Saúde e Tecnologia Rural
Comissão de Ética no Uso de Animais
Av. Santa Cecília, s/n, Bairro Jatobá, Rodovia, Patos
CEP: 58700-970, Cx postal 64, Tel. (83) 3511-3045

A(o): Dr^(a). **Leilson Rocha Bezerra**

Protocolo CEUA/CSTR N ° 05/2019

CERTIDÃO

Certificamos para os devidos fins que o projeto intitulado “**Inclusão do líquido da casca da castanha de caju (LCC) na dieta de cordeiros e cabritos**”, coordenado pelo (a) pesquisador (a) acima citado (a), obteve parecer consubstanciado pelo regulamento interno deste comitê, sendo **APROVADO**, em caráter de **Reunião ordinária no dia 11 de Abril de 2019**, estando a luz das normas e regulamento vigentes no país atendidas as pesquisas para especificações científicas.

Patos, 17 de Abril de 2019.

Rosália Severo de Medeiros
Coordenadora do CEP/CEUA/UFCG/Patos