

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ZOOTECNIA**

NÍVEIS DE ÓLEO DE SOJA EM DIETAS PARA CORDEIROS CONFINADOS

VICTOR GUIMARÃES OLIVEIRA LIMA

**SALVADOR - BAHIA
AGOSTO - 2021**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE DOUTORADO EM ZOOTECNIA**

NÍVEIS DE ÓLEO DE SOJA EM DIETAS PARA CORDEIROS CONFINADOS

VICTOR GUIMARÃES OLIVEIRA LIMA

Mestre em Zootecnia

SALVADOR - BAHIA

AGOSTO - 2021

VICTOR GUIMARÃES OLIVEIRA LIMA

**NÍVEIS DE ÓLEO DE SOJA EM DIETAS PARA CORDEIROS
CONFINADOS**

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

Área de concentração: Produção animal

Orientador: Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

Coorientador: Prof. Dr. José Esler de Freitas Júnior

Coorientador: Dr. Henry Daniel Ruiz Alba

SALVADOR - BAHIA

AGOSTO - 2021

Lima, Victor Guimarães Oliveira.

Níveis de óleo de soja em dietas para cordeiros confinados / Victor Guimarães Oliveira Lima. - 2021.

101 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho.

Coorientador: Prof. Dr. José Esler de Freitas Júnior.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2021.

1. Zootecnia. 2. Nutrição animal. 3. Ruminantes - Alimentação e rações. 4. Ruminantes - Nutrição
I. Carvalho, Gleidson Giordano Pinto de. II. Universidade Federal da Bahia. Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia. III. Título.

CDD - 636.20852
CDU - 636.084.4

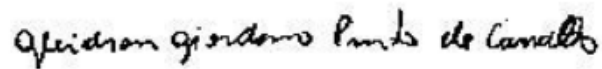
NÍVEIS DE ÓLEO DE SOJA EM DIETAS PARA CORDEIROS CONFINADOS

Victor Guimarães Oliveira Lima

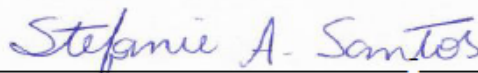
Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia

Salvador,
06 de agosto de 2021

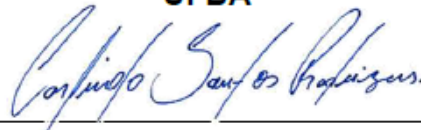
Comissão examinadora:



Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho
UFBA
Orientador / Presidente



Dra. Stefanie Alvarenga Santos
UFBA



Dr. Carlindo Santos Rodrigues
UFBA



Dr. Dorgival Moraes de Lima Júnior
UFERSA



Dr. Laudí Cunha Leite
UFRB

LISTA DE FIGURAS

Página

CAPÍTULO 2

- Figura 1 - Descrição dos dois primeiros componentes principais (CPI), representados pelas variáveis maciez e odor, na avaliação de aceitabilidade da carne..... 58

CAPÍTULO 3

- Figura 1 - Efeitos do tempo (h) após a primeira alimentação sobre o pH ruminal de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja (OS). 82
- Figura 2 - Efeitos do tempo (h) após a primeira alimentação sobre o nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja (OS)..... 82
- Figura 3 - Efeitos do tempo (h) após a primeira alimentação sobre o glicose plasmática de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja (OS). 83

LISTA DE TABELAS

Página

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	25
Tabela 2 - Proporção dos ingredientes, composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.....	26
Tabela 3 - Consumo, digestibilidade e desempenho de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.....	31
Tabela 4 - Comportamento ingestivo de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.....	33
Tabela 5 - Perfil protéico, energético e hepático sanguíneo de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.....	34

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	49
Tabela 2 - Proporção dos ingredientes, composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.....	50
Tabela 3 - Consumo de frações nutricionais, medidas quantitativas, subjetivas e morfométricas da carcaça de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.....	56
Tabela 4 - Características qualitativas da carne de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.....	57
Tabela 5 - Componentes principais da análise de variáveis relacionadas a avaliação sensorial do músculo <i>Longissimus lumborum</i> de cordeiros confinados alimentados com dietas com óleo de soja.....	58

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.....	72
Tabela 2 - Proporção dos ingredientes, composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.....	73
Tabela 3 - Efeito de dietas experimentais sobre o consumo (C) e digestibilidade (CD) aparente de frações nutricionais	79
Tabela 4 - Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja.	80
Tabela 5 - Balanço de nitrogênio (N) e metabólitos sanguíneos de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja.....	80
Tabela 6 - Parâmetros ruminais e glicose plasmática de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja.	81

SÚMARIO

	Página
Níveis de óleo de soja em dietas para cordeiros confinados	
Introdução geral	1
Revisão de literatura.....	2
Referências bibliográficas.....	12

CAPÍTULO 1

Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para cordeiros: consumo, digestibilidade, desempenho comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos.	
Resumo.....	21
Abstract	22
Introdução	23
Material e métodos.....	23
Resultados	31
Discussão.....	34
Conclusão.....	38
Referências bibliográficas.....	38

CAPÍTULO 2

Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para cordeiros: características da carcaça e qualidade da carne.	
Resumo.....	45
Abstract	46
Introdução	47
Material e métodos.....	47
Resultados	55
Discussão.....	59

Conclusão.....	61
Referências bibliográficas.....	61

CAPÍTULO 3

Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para ovinos: parâmetros metabólicos, comportamentais e ruminais	
Resumo.....	68
Abstract.....	69
Introdução.....	70
Material e métodos.....	71
Resultados.....	78
Discussão.....	83
Conclusão.....	86
Referências bibliográficas.....	86
Considerações finais.....	92

INTRODUÇÃO GERAL

O desenvolvimento da ovinocultura no Brasil sempre esteve atrelado ao sistema de criação extensivo, aliando baixa utilização de insumos, técnicas manejo pouco eficientes e sazonalidade de produção de forragens. No entanto, as pressões exercidas por um setor agropecuário moderno, como o alto preço da terra e alta competição entre as culturas, tem direcionado a busca por aumento da produtividade e lucratividade dos empreendimentos rurais visando a persistência no setor.

A ovinocultura de corte ainda é pouco representativa frente a outros setores do agronegócio como a bovinocultura de corte, que movimentou 618,5 bilhões de reais no ano de 2019 (ABIEC, 2020). Portanto a adequação da produção de carne de cordeiros em escala comercial é urgente, produção em quantidade e qualidade, para suprir as necessidades de mercado e resultar em aumento da eficiência produtiva, econômica e aumento no número de políticas públicas de estímulo ao setor.

A nutrição é um dos fatores mais crítico nos sistemas de produção animal, as estratégias de alimentação influenciam diretamente em características como a produção, composição e características sensoriais da carne de cordeiro (Arandas et al., 2020). A utilização do confinamento como ferramenta estratégica na produção de cordeiros resulta em maiores ganhos de peso, menor tempo de abate e aumento na produção de carcaça quando comparado a animais da mesma idade criados exclusivamente a pasto (Da Silva et al., 2020).

No entanto, o crescimento do preço de commodities como o milho, principal ingrediente energético utilizado nas dietas de confinamento, e a busca pela redução do perfil de ácidos graxos saturados tem levado a investigações de fontes energéticas alternativas que agreguem vantagens como o aumento da densidade energética da dieta, da eficiência alimentar e aumento de ácidos graxos insaturado na carne de cordeiros.

Neste ponto o óleo de soja se destaca devido à presença de ácidos graxos insaturados a partir de 18 carbono em sua constituição, linoléico (54,8%) e linolênico (4,9%), além de oléico (23,4%), e por ser um produto mundialmente conhecido com produção consolidada em diversos países, proveniente do complexo soja (Ferreira et al., 2016; Freitas Júnior et al., 2018). A inclusão de fontes de ácido linoléico (AL), como o óleo de soja, em dieta de cordeiros tem o potencial de aumentar a eficiência alimentar

dos animais (Felix-Bernal et al., 2016; Van Cleef et al., 2016), incrementar o perfil de ácidos graxos insaturados na carne (Francisco et al., 2015; Alba et al., 2021) e reduzir a produção de metano entérico em cordeiros (Lima et al., 2019).

No entanto, são relatados efeitos indesejáveis da adição de fontes de ácido linoléico nas dietas para cordeiros. Assim, se observa redução do consumo voluntário de matéria seca e da digestibilidade de nutrientes, especificamente da fibra (Francisco et al., 2015; Van Cleef et al., 2016; Parente et al., 2020). Portanto, o conhecimento do nível ideal de óleo de soja em dietas para cordeiros em terminação é importante para evitar impactos negativos sobre o desempenho produtivo dos animais.

Essa revisão tem por objetivo fornecer evidências e conceitos básicos sobre utilização de óleo de soja na dieta de terminação de cordeiros confinados, incluindo o processo produtivo e a resposta animal aplicada sobre o desempenho, fermentação ruminal, comportamento ingestivo e qualidade da carne.

REVISÃO DE LITERATURA

Ovinocultura

O rebanho ovino mundial é responsável pela segurança alimentar e geração de renda a bilhões de pessoas ao redor do mundo através da produção de carne, leite, pele e lã, é representado por aproximadamente 1,24 bilhão de cabeças. Este rebanho está proporcionalmente distribuído nas regiões do mundo em 42,2% na Ásia, 31% na África, 11,1% na Europa, 8,6% na Oceania e 7,2% nas Américas (FAO, 2019).

O Brasil detém cerca de 1,6% do rebanho mundial de ovinos (19.715.587 de cabeças) (FAO, 2019). Este rebanho encontra-se presente nos 26 estados e no Distrito Federal, sendo as região Nordeste e Sul do país as mais representativas em efetivo de rebanho (IBGE, 2017). Os sistemas produtivos de ovinos no Brasil são baseados prioritariamente no uso de pastos tropicais e pastos nativos, em detrimento dos menores custos de produção em relação ao sistema de confinamento (Arandas et al., 2020; Debortoli et al., 2021).

No entanto, fatores como a sazonalidade de produção de forragem, a baixa adoção de tecnologia, o pequeno tamanho médio das propriedades e dos rebanhos são

desafios a serem enfrentados na superação da gargalos relativos a escala e padronização da produção de carne em quantidade e qualidade (Ranieri et al., 2015).

A nutrição é um dos fatores mais crítico nos sistemas de produção animal, portanto as estratégias de alimentação influenciam diretamente em características como a composição da carne de cordeiro e em suas características sensoriais (Arandas et al., 2020). Deste modo, a carne de ovinos abatidos tardiamente (carneiro ou ovelha) tem como características a coloração mais escura, maior teor de gordura subcutânea, perfil de AG mais saturado e presença de odor ou gosto "rançoso" podendo ser rejeitada pelo consumidor (Miller, 2020).

A carne de cordeiro é uma proteína vermelha produzida a partir do abate de animais com idade média de até seis meses e peso ao abate mínimo de 30 kg de peso corporal, na qual é possível aliar rendimento industrial e qualidade a carne produzida (Arandas et al., 2020; Poli et al., 2020). Tem por característica ser uma carne de fácil preparo e digestão, extremamente macia, com perfil de ácidos graxos mais saudável e valorizada em diferentes centros gastronômicos em relação a carne de ovinos abatidos tardiamente (Pewan et al., 2020).

No entanto, devido a fatores como a estacionalidade de produção de forragem e a baixa adoção de tecnologia (adubação, suplementação estratégica, confinamento, dentre outros), o Brasil ainda é um país importador de carne ovina, o que é reflexo de gargalos com a falta de padronização carcaças dos ovinos abatidos no país e da grande quantidade de abates não inspecionados (Hermuche et al., 2013; Arandas et al., 2020).

Estes gargalos geram alta taxa de ociosidade a cadeia nacional de frigoríficos especializados no abate de ovinos e conseqüentemente redução na geração de emprego e renda no país (Sorio & Rasi, 2010; Hermuche et al., 2013; Arandas et al., 2020). Portanto, a adoção de tecnologias, como o confinamento dos cordeiros em determinadas épocas do ano, e a profissionalização dos produtores podem ser estratégias para o incremento na disponibilidade nacional de produtos de ovinos, ainda deficitários, tornando a ovinocultura uma atividade extremamente lucrativa (Ricardo et al., 2015).

Confinamento de ovinos

A utilização do confinamento, dieta total rica em carboidratos não fibrosos, como ferramenta estratégica na produção de cordeiros resulta em maiores ganhos de

peso, menor tempo de abate e aumento na produção de carcaça quando comparado a animais da mesma idade criados exclusivamente a pasto (Da Silva et al., 2020). A preferência de consumidores de carne de cordeiro de diversos países é por animais terminados com utilização de concentrado em detrimento ao exclusivamente a pasto, apresentando maiores notas quanto a aceitação geral, maciez e sabor, a terminação exclusiva a pasto resulta em animais com sabor de "carneiro" o que é tradicionalmente atribuído ao abate mais tardio (Pannier et al., 2018; Miller, 2020).

No entanto, dietas ricas em carboidratos não fibrosos tendem a apresentar distúrbios metabólicos como a acidose ruminal subclínica, o que pode levar a perdas de performance dos pequenos ruminantes (Tao et al., 2014; Dong et al., 2016). Já que em ruminantes a digestibilidade do CNF é maior a nível ruminal, podendo alterar as condições do ambiente ruminal (Andreazzi et al., 2018). Portanto, a utilização de óleos vegetais em dietas para cordeiros são alternativas eficientes já que aumentam o aporte de energia (NRC, 2007) e não promovem efeitos deletérios sobre o pH ruminal, já que não são utilizados pela microbiota como substratos fermentativos para a produção de ácidos graxos de cadeia curta (Zhao et al., 2016; Pavar et al., 2017; Sharifi et al., 2018).

No entanto, pesquisas tem demonstrado efeitos deletérios sobre a fermentação ruminal através da inclusão de óleo na dieta de ovinos (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016). Embora não esteja completamente elucidados, os mecanismo mais aceitáveis seriam que: 1) Ácidos graxos insaturados presentes na gordura alteram a permeabilidade de membrana de determinados grupos de microorganismos ruminais ocasionando toxidez e podendo levar a morte dos mesmo ou 2) as partículas de alimento são envolvidas pela gordura que reduzem ou impedem a colonização pelos microorganismos ruminais, o que reduz a taxa de desaparecimento dos componentes nutricionais como a fibra (Palmquist & Mattos, 2011; Zhao et al., 2016; Alba et al., 2021).

Fontes de ácidos graxos poliinsaturados na dieta de ovinos

A utilização de fontes de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) na dieta de cordeiro está relacionada a dois propósitos: 1) aumento da densidade energética da dieta e/ou 2) modulação da fermentação ruminal (Lourenço et al., 2010; Newbold & Ramos-Morales, 2020). O aumento da densidade energética está relacionado a maior densidade

calórica em relação as outras frações nutricionais, obtendo após a digestão e metabolismo maiores quantidades de ATP e energia metabolizável (Allen, 2014).

A modulação da fermentação ruminal está relacionada a efeitos anti-microbianos diretos, alteração da permeabilidade de membrana, e/ou indiretos, adesão dos AGPI ao substrato fermentativo, em detrimento do seu caráter hidrofóbico, e a redução ou inibição da taxa de colonização das partículas de alimento presentes no rúmen (Palmquist & Mattos, 2011). O efeito dos AGI é mais forte sobre a microbiota ruminal a medida que apresenta maior grau de insaturação, portanto o ácido linolênico apresenta maior ação em relação ao ácido linoléico (AL) (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016).

As fontes de AGPI são administradas na seguinte forma na dieta de ovinos: Livre ou sem proteção, óleos vegetais (Ferreira et al., 2016; Van CLeef et al., 2016; Zhao et al., 2016; Pavar et al., 2017; Sharifi et al., 2018; Lima et al., 2019; Parente et al., 2020; Alba et al., 2021) e coprodutos de oleaginosas (Shen et al., 2018; Nascimento et al., 2021) e protegidas, sendo naturalmente protegidas através da matriz protéica de grão de oleaginosas e artificialmente protegidas através de sabões de cálcio que são considerados parcialmente inertes no rúmen (Alba et al., 2021). No entanto, o seu modo de ação sobre o consumo, fermentação ruminal e digestibilidade de componentes nutricionais tem sido bastante contraditória na literatura quanto utilização na dieta de ovinos.

Óleo de soja

Os ácidos linoléico (C18:2) e linolênico (C18:3), são os principais ácidos graxos presentes em sementes de oleaginosas, como são encontrados em quantidades muito pequenas na gordura corporal dos ruminantes, são tidos como essenciais por não serem sintetizados pelos animais, devendo fazer parte da dieta dos mesmos (Palmquist & Mattos, 2011). Os AGPI estão presentes em abundância em óleos vegetais como os de soja, girassol, canola, e linhaça, e sua concentração na carne de cordeiro pode ser elevada se os animais forem alimentados com dietas ricas em óleo de cereais e sementes (Zhao et al., 2016; Miltko et al., 2019; Alba et al., 2021).

O óleo de soja tem sido utilizado na dieta de ruminantes por ser uma fonte rica em ácidos graxos insaturados de 18 carbonos, linoleico (54,8%) e linolênico (4,9%), além de oléico (23,4%), além de ser um produto mundialmente conhecido com

produção consolidada em diversos países proveniente do complexo soja (Ferreira et al., 2016; Freitas Júnior et al., 2018).

O óleo de soja em dietas de ruminantes pode estimular a ocorrência de ampla taxa bio-hidrogenação (BH; aproximadamente 89%), favorecendo o acúmulo de intermediários como o ácido vacênico (18:1 trans-11) que podem inibir parcialmente a BH, e promover aumento no fluxo de ácidos graxos poliinsaturados para o intestino (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016; Freitas Júnior et al., 2018).

Uso de fontes de ácido linoléico na dieta de cordeiros

Desempenho animal

A utilização de óleos vegetais em dietas para cordeiros são alternativas eficientes quando se deseja aumentar o aporte de energia, especialmente quando o custo de ingredientes energéticos tradicionais são limitantes (NRC, 2007). Dentre os óleos vegetais, a utilização de fontes de ácido linoléico (AL), como o óleo de soja, na dieta de ruminantes além de aumentar sua densidade energética, podem aumentar a eficiência de utilização de componentes nutricionais, incrementar a produção de carne e possibilitar a manipulação da composição em ácidos graxos (Felix-Bernal et al., 2016; Nascimento et al., 2020; Alba et al., 2021).

Por apresentar alta taxa de biohidrogenação (BH), acima de 89%, o AL pode ser considerado com menos efeitos deletérios sobre a microbiota ruminal em relação a outras fontes de AG como o ácido linolênico (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016). Desta forma, a ocorrência de ampla taxa de BH e o aumento aporte de AGPI no duodeno promovida por fontes de AL, não compromete o consumo de matéria seca (CMS) e a digestibilidade da fibra (Ferreira et al., 2016) e o desempenho (Felix-Bernal et al., 2016; Van Cleef et al., 2016; Nascimento et al., 2021).

Além disso, pode aumentar a eficiência alimentar de cordeiros (Felix-Bernal et al., 2016; Van Cleef et al., 2016), incrementar o perfil de ácidos graxos insaturados na carne (Francisco et al., 2015; Alba et al., 2021) e aumentar a eficiência bioenergética ruminal em ruminantes (Barletta et al., 2016; Ferreira et al., 2016; Bettero et al., 2017; Sharifi et al., 2018; Lima et al., 2019). O aumento da eficiência alimentar promovida pela inclusão de fontes AL pode ser justificada através da redução do consumo de matéria seca e manutenção do ganho de peso dos cordeiros (Van Cleef et al., 2016;

Félix-Bernal et al., 2016). Portanto, a inclusão de fontes de óleo vegetais ricos em AL pode proporcionar aumento na sustentabilidade dos sistemas de terminação de cordeiros confinados, justificada pelo aumento da eficiência de utilização dos componentes nutricionais (Lima et al., 2019).

No entanto, são relatados efeitos indesejáveis da adição de fontes de AL nas dietas para cordeiros. Assim, se observa redução do consumo voluntário de matéria seca e da digestibilidade de nutrientes, especificamente da fibra (Francisco et al., 2015; Van Cleef et al., 2016; Parente et al., 2020). A redução no CMS pelos cordeiros é condizente com a teoria da oxidação hepática (Allen et al., 2009; Yair & Allen, 2017). Na qual o aumento no fluxo duodenal de ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) presentes no óleo de soja em dietas para cordeiros (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016), são utilizados como substratos metabólicos, oxidados no fígado incrementando a produção de ATP e promovendo a supressão do consumo de matéria seca (Stcoks & Allen, 2012; Allen, 2020).

Portanto, o conhecimento do nível ideal de óleo de soja em dietas para cordeiros em terminação é importante para evitar impactos negativos sobre o desempenho produtivo dos animais.

Fermentação ruminal

Os óleos vegetais são lipídios esterificados compostos majoritariamente por triglicerídios, que tem em sua constituição uma molécula de glicerol e 3 moléculas de ácidos graxos, que são hidrolisados extensivamente por lipases microbianas após o consumo, o que resulta na liberação de ácidos graxos livres no rúmen (Lourenço et al., 2010; Newbold & Ramos-Morales, 2020).

Esses ácidos graxos livres podem ser compostos por ácidos graxos saturados (AGS) e/ou ácidos graxos insaturados (AGI) com um a ou mais ligações duplas a sua cadeia carbônica a depender da composição da dieta do ruminante. O AGS não necessitam passar pelo processo de biohidrogenação pois o seu caráter saturado garante menor ação deletéria sobre o metabolismo dos microorganismos ruminais quando comparados aos AGI (Shingfield et al, 2013; Nguyen et al., 2019; Urrutia et al., 2020).

Geralmente os AGI apresentam ação antimicrobiana devido a propriedades adsorventes (lipofílicas) que permite a adesão rápida a superfícies livres, superfície das

células microbianas e das partículas dos alimentos, em função desta característica parte dos AGI podem penetrar e se incorporar aos lipídios de membrana dos microorganismos e realizar mudanças na permeabilidade de membrana de microorganismos gram-positivos, reduzindo a capacidade de manutenção do pH intracelular e captação de nutriente resultando em decréscimo na taxa de crescimento (Newbold & Ramos-Morales, 2020).

Outras teorias propostas indicam a redução da disponibilidade de íons de cálcio necessários ao metabolismo dos microorganismos ruminantes pela formação de sabões de cálcio de ácidos graxos e envolvimento de substratos por AG o que resultaria em redução na taxa de colonização microbiana e fermentação ruminal (Palmquist & Mattos, 2011). Desta forma, o processo de biohidrogenação (BH) pode ser considerado um mecanismo de defesa utilizado pelos microorganismos frente aos efeitos deletérios provocados pelos AGI, podendo ainda ser considerada sumidouro de equivalentes de redução (H_2 e $NADH_2$) do meio ruminal (Shingfield et al, 2013; Freitas Júnior et al., 2018).

Dentre os produtos da fermentação ruminal, o propionato é o principal substrato gliconeogênico para ruminantes e compete por equivalentes redutores (H_2) com a metanogênese para sua produção, deste modo o aumento na produção de propionato ruminal tem sua estequiometria associada à redução na produção de metano (Lan & Yang, 2019).

A metanogênese é considerada o principal "dreno" de gás hidrogênio (H_2) e gás carbônico (CO_2) produzidos durante a fermentação ruminal, sendo associada a perdas de 2 a 12% da energia ingerida (Johnson & Johnson, 1995; Kumar et al., 2014). Portanto o aumento na bioenergética da fermentação ruminal pode resultar em aumento da eficiência de utilização de nutrientes e de desempenho dos rebanhos (Felix-Bernal et al., 2016; Van Cleef et al., 2016).

Em estudo *in vitro* a inclusão de óleos vegetais, incluindo fonte de AL, em dietas para ruminantes, em até 60 g/kg da MS, apresentou efeitos favoráveis sobre eficiência energética ruminal relacionada à fermentação ruminal, através do aumento na produção de propionato e redução na produção de metano sem comprometer a digestão dos componentes nutricionais da dieta, no entanto a comprovação dessas evidências precisam ser confirmadas em estudos *in vivo* (Vargas et al., 2020).

A inclusão de fontes de ácido linoléico em estudos *in vivo* em níveis de até 50 g/kg da MS para ruminantes, tem demonstrado evidências promissoras sobre o aumento da eficiência energética ruminal, redução na relação molar entre as concentrações de acetato e propionato (Barletta et al., 2016; Ferreira et al., 2016; Bettero et al., 2017; Sharifi et al., 2018) e redução na produção de metano em cordeiros (Lima et al., 2019), sem a ocorrência de redução no consumo de MS e na digestão da fibra (Ferreira et al., 2016; Freitas Júnior et al., 2018; Dias et al., 2020).

Embora não seja uma resposta homogênea (Zhao et al., 2016; Sharifi et al., 2018; Lima et al., 2019), em alguns trabalhos os ovinos apresentaram redução nas concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR), sem haver redução na digestibilidade da FDN com a inclusão de fontes de AL na dieta (Ferreira et al., 2016; Shen et al., 2018). Estes achados podem ser atribuídos à redução no consumo ou digestibilidade da PB, resultando menor consumo de compostos nitrogenados e promovendo menor aporte de substrato fermentativo para os microorganismos produtores de NAR.

A redução na concentração de NAR pode sustentar menor excreção nitrogênio (N), já que o aumento da excreção de N está correlacionada a altas concentrações e picos de NAR que não são eficientemente aproveitados pelos microorganismos ruminais (Rufino et al., 2020). Estas evidências podem indicar aumento na eficiência econômica e ambiental da utilização do nitrogênio (Newbold & Ramos-Morales, 2020).

Apesar dos benefícios reportados com o uso de fontes de ácido linoléico em dietas para ruminantes, efeitos desfavoráveis podem ocorrer. Estudos recentes indicam redução do consumo voluntário de matéria seca e da digestibilidade de componentes nutricionais, como a fibra (Van Cleef et al., 2016; Parente et al., 2020) e redução na produção de ácidos graxos voláteis totais na fermentação ruminal (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016) em ovinos.

Portanto, é fundamental estabelecer os possíveis benefícios da inclusão de fontes de AL na dieta de ovinos, padronizando o uso dessa tecnologia na modulação da fermentação ruminal desde a fonte, dose e mecanismo de ação sobre o metabolismo sem que hajam prejuízos, a exemplo na degradação da fibra, ao desempenho produtivo.

Comportamento ingestivo

A inclusão de óleos vegetais ricos em ácido linoléico, como o óleo de soja (OS), na dieta de cordeiros confinados tem como objetivo o aumento da densidade energética (Van Cleef et al., 2016; Parente et al., 2018; Parente et al., 2020; Alba et al., 2021) e/ou a redução do incremento calórico (Lima et al., 2019). A redução no consumo de MS e/ou de FDN (Ferreira et al., 2014; Francisco et al., 2015; Van Cleef et al., 2016; Parente et al., 2018; Alba et al., 2021; Nascimento et al., 2021) com a inclusão pode apresentar modificações nos parâmetros do comportamento ingestivo, como os nos tempos de ingestão e ruminação, que impactam no desempenho animal e que precisam ser estudadas.

Tendo em vista que, a ingestão de MS em cordeiros confinados consumindo OS é uma função entre número e tamanho das refeições diárias. O tempo de alimentação de cordeiros em terminação confinados com dieta contendo fontes de ácidos graxos insaturados é dependente da taxa e do tamanho de bocados e pode variar de 2,6 a 4 h/dia (Lima et al., 2019; Diógenes et al., 2020; Alba et al., 2021).

Embora o consumo de MS seja reduzido com a inclusão de fontes de AL não protegidas, como OS (Ferreira et al., 2014; Francisco et al., 2015; Van Cleef et al., 2016; Parente et al., 2020; Alba et al., 2021). A inclusão de OS pode não alterar os tempos de alimentação, ruminação e ócio (horas/dia) de cordeiros confinados (Van Cleef et al., 2016; Lima et al., 2019; Alba et al., 2021).

Portanto, a redução no consumo de MS e manutenção dos tempos de alimentação podem resultar em redução da eficiência de alimentação, e em aumento da taxa de bocado e redução do tamanho das refeições (Lima et al., 2019; Alba et al., 2021). Esta redução fornece um forte indício de aumento da saciedade em cordeiros submetidos a dietas com alto teor de gordura, embasada na teoria da oxidação hepática (Allen, 2014).

Lima et al. (2019) encontraram aumentos no NM/bolo e TM/bolo na dieta de cordeiros em terminação confinados consumindo 50 g/kg de inclusão de OS na MS, e atribuíram esses aumentos a adaptações fisiológicas visando o incremento na disponibilidade de nutrientes, através de ampliação da área de exposição das partículas da MS consumida pelos ovinos.

Embora sejam escassos os estudos do comportamento ingestivo de cordeiros consumindo fontes de AL (Van Cleef et al., 2016; Lima et al., 2019; Alba et al., 2021), este é uma importante ferramenta de auxílio na explicação da variação de consumo dos cordeiros, e pode trazer evidências que expliquem o aumento da eficiência de utilização de componentes nutricionais visando o incremento ou manutenção da performance dos cordeiros confinados.

Produção e qualidade de carne ovina

A qualidade da carne de cordeiro deve ser um fator chave planejado da fazenda até a mesa do consumidor (Sãnuo et al., 2013; Pannier et al., 2018). É determinada por fatores intrínsecos (como raça, sexo, idade, dentre outros), extrínsecos (nutrição, manejo pré-abate, etc.) e fatores relacionados a bioquímica *post-mortem* do músculo e da gordura (Lima Júnior et al., 2017, Shange et al., 2018, Pinheiro et al., 2019).

Em um contexto de desestímulo ao consumo de ácidos graxos de cadeia média (AGCM) e ácidos graxos trans (AGT) como política de saúde pública em países desenvolvidos e em desenvolvimento, visando a prevenção de doenças cardiovasculares (DCV), diabetes e obesidade nas respectivas populações (Givens, 2010; Shingfield et al., 2013). Neste contexto os produtos de origem animal são diretamente impactados, pois são fontes de AGCM (12:0 14:0 e 16:0) e AGT (18:1- t-10; 18:1- t-11; 18:2- c-9, t-11) na dieta de humana. Sendo recomendado a redução ou substituição do consumo destes produtos em detrimento de fontes que contenham ácidos graxos poliinsaturados n-3 de cadeia longa (PUFA), 20: 5n-3 e 22: 6n-3 (Shingfield et al., 2013).

No entanto, esta recomendação ignora o valor nutricional e a versatilidade de utilização dessas fontes de proteínas de alta qualidade, minerais, vitaminas e lípidos bioativos. Neste ponto, se torna controverso, pois o consumo de ácidos graxos trans presentes nos produtos de origem animal ruminante como ácido vacênico (18:1- t-11) e o ácido rumênico (18:2- c-9, t-11), possuem comprovadamente ações benéficas a saúde humana, tais como ações anti-carcinogênicas e na prevenção da diabetes (Gebauer et al., 2011; Shingfield et al., 2013; Lima et al., 2014; Costa et al., 2017).

Além dos benefícios supracitados a acessibilidade e o custo de aquisição de produtos ricos em ácidos graxos poliinsaturados n-3 de cadeia longa (PUFA), 20: 5n-3 e

22: 6n-3 por devem ser levados em conta para a garantia da segurança alimentar de populações de países pobres e em desenvolvimento.

Desta forma, alterar a composição de ácidos graxos e manter a qualidade nutricional da carne de ruminantes torna-se uma forma mais eficiente e menos agressiva aos hábitos de consumo das populações (Shingfield et al., 2013; Costa et al., 2017).

Sendo assim, a dieta é o principal fator ambiental que influencia na qualidade da carne de ruminantes (Scollan et al., 2017). A inclusão de fontes de ácido linoléico (AL), como o óleo de soja (59% de AL dos ácidos graxos totais), em dietas para cordeiros tem por objetivo estimular o aumento no fluxo de ácidos graxos poliinsaturados no duodeno (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016). Proporcionar redução no perfil de ácidos graxos saturados na carne (Parvar et al., 2017; Alba et al., 2021), sem afetar a produção e os aspectos qualitativos da carne (Nascimento et al., 2021).

No entanto, o uso de fontes de gorduras não protegidas podem afetar negativamente o consumo de matéria seca (MS), a produção de carcaça e os parâmetros qualitativos da carne de cordeiros (Francisco et al., 2015; Lima et al., 2018; Alba et al., 2021). Além disso, o aumento de ácidos graxos insaturados no perfil da carne, por exemplo, pode aumentar a taxa de oxidação lipídica e isso causar rejeição do produto pelo consumidor, pois a carne pode apresentar aspecto "rançoso" (Luo et al., 2019; Miller, 2020).

Portanto, o estudo conhecimento do nível ideal de fontes de AL como óleo de soja em dietas para cordeiros em confinamento pode aliar aumento na densidade de energia das dietas e evitar a ocorrência dos efeitos negativos sobre a produção e os aspectos qualitativos da carne.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIEC - Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. BeefREPORT: Perfil da Pecuária no Brasil 2020. Disponível em: <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/> . Acesso em: 30 de maio de 2021.

ALBA, H. D. R.; DE FREITAS JÚNIOR, J. E.; LEITE, L. C.; AZEVÊDO, J. A. G.; SANTOS, S. A.; PINA, D. S.; CIRNE, L.G. A.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, W. P.; LIMA, V. G. O.; TOSTO, M. S. L.; DE CARVALHO, G. G. P. Protected or

Unprotected Fat Addition for Feedlot Lambs: Feeding Behavior, Carcass Traits, and Meat Quality. **Animals**, v. 11, p. 328, 2021.

ALLEN, M. S. Control of feed intake by hepatic oxidation in ruminant animals: integration of homeostasis and homeorhesis. **Animal**, v. 14, p. 55-64, 2020. Supl. 1.

ALLEN, M. S. Drives and limits to feed intake in ruminants. **Animal Production Science**, v. 54, p. 1513–1524, 2014.

ALLEN, M. S; BRADFORD, B. J.; OBA , M. Board-invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3317–3334, 2009.

ANDREAZZI, A. S. R.; PEREIRA, M. N.; REIS, R. B.; PEREIRA, R. A. N.; MORAIS JÚNIOR, N. N.; ACEDO, T. S.; HERMES, R. G.; CORTINHAS, C. S. Effect of exogenous amylase on lactation performance of dairy cows fed a high-starch diet. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 7199–7207, 2018.

ARANDAS, J. K. G.; ALVES, A. G. C.; FACÓ, O.; BELCHIOR, E. B.; SHIOTSUKI, L.; RIBEIRO, M. N. Characterization of the Sheep Farming System in the Brazilian Semiarid from the Multivariate Perspective. **American Journal of Animal and Veterinary Sciences**, v. 15, n. 3, p. 185-197, 2020.

BARLETTA, R. V.; GANDRA, J. R.; BETTERO, V. P.; ARAÚJO, C. E.; DEL VALLE, T. A.; ALMEIDA, G. F.; DE JESUS, E. F.; MINGOTI, R. D.; BENEVENTO, B. C.; FREITAS JÚNIOR, J. E.; RENNÓ, F. P. Ruminant 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.

BETTERO, V. P.; DEL VALLE, T. A.; BARLETTA, R. V.; ARAÚJO, C. E.; FERREIRA DE JESUS, E.; ALMEIDA, G. F.; TAKIYA, C. S.; ZANFERARI, F.; PAIVA, P. G.; FREITAS JÚNIOR, J. E.; RENNÓ, F. P. Protected fat sources reduce fatty acid biohydrogenation and improve abomasal flow in dry dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 224, p. 30–38, 2017.

DA SILVA, P. C. G.; ÍTAVO, C. C. B. F.; ÍTAVO, L. C. V.; GOMES, M. N. B.; FEIJÓ, G. L. D.; FERELLI, K. L. S. M.; HEIMBACH, N. S.; DA SILVA, J. A.; DE MELO, G. K. A.; PEREIRA, M. W. F. Carcass traits and meat quality of Texel lambs raised in Brachiaria pasture and feedlot systems. **Animal Science Journal**, v. 91, p. 13394, 2020.

DIAS, L. S. B.; SILVA, D. S.; DE CARVALHO, G. G. P.; DE ARAÚJO, M. L. G. M. L.; DA SILVA, F. F.; PEREIRA, M. L. A.; GANDRA, J. R.; LIMA, V. G. O.; DOS SANTOS, A. C. S.; BULCÃO, L. F. A.; LEITE, V. M.; FREITAS JÚNIOR., J. E. Chitosan associated with whole raw soybean in diets for Murrah buffaloes on ruminal fermentation, apparent digestibility and nutrients metabolism. **Animal Science Journal**, v. 91, p. 13435, 2020.

DIOGENES, L. V.; BEZERRA, L. R.; PEREIRA FILHO, J. M.; SILVA JÚNIOR, J. M.; OLIVEIRA, J. P. F.; MOURA, J. F. P.; BARBOSA, A. M.; SOUZA, M. N. S.; SOUSA, S. V.; PEREIRA, E. S.; OLIVEIRA, R. L. Effects of the Dietary Inclusion of Buriti Oil on Lamb Performance, Carcass Traits, Digestibility, Nitrogen Balance, Ingestive Behavior and Blood Metabolites. **Animals**, v. 10, p. 1973, 2020.

DONG, H. B.; SUN, L. L.; CONG, R. H.; TAO, S. Y.; DUANMU, Y. Q.; TIAN, J.; NI, Y. D.; ZHAO, R. Q. Changes in milk performance and hepatic metabolism in mid-lactating dairy goats after being fed a high concentrate diet for 10 weeks. **Animal**, v. 11, p. 418–425, 2017.

FÉLIX-BERNAL, J. A.; ESTRADA-ANGULO, A.; ANGULO-ESCALANTE, M. A.; CASTRO-PÉREZ, B. I.; LANDEROS-LÓPEZ, H.; LÓPEZ-SOTO, M. A.; BARRERAS, A.; ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A. Feeding value of supplemental Jatrophacurcas crude oil in finishing diets for feedlot lambs. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 3875–3882, 2016.

FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GENTIL, R. S.; PARENTE, M. O. M.; NOLLI, C. P.; MENEGHINI, R. C. M.; MENDES, C. Q.; RIBEIRO, C. V. D. M. Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fattyacid profile of lambs fed soybean oil partially replacedby fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 187, p. 9–18, 2014.

FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GENTIL, R. S.; PARENTE, M. O. M.; NOLLI, C. P.; MENEGHINI, R. C. M.; MENDES, C. Q.; RIBEIRO, C. V. D. M. Nutrient digestibility and ruminal fatty acid metabolism in lambs supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, p. 30–39, 2016.

FRANCISCO, A.; DENTINHO, M. T.; ALVES, S. P.; PORTUGAL, P. V.; FERNANDES, F.; SENGO, S.; JERÓNIMO, E.; OLIVEIRA, M. A.; COSTA, P.; SEQUEIRA, A.; BESSA, R. J. B.; SANTOS-SILVA, J. Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer* L.) and vegetable oils. **Meat Science**, v. 100, p. 275–282, 2015.

FREITAS JÚNIOR, J. E.; TAKIYA, C. S.; DEL VALLE, T. A.; BARLETTA, R. V.; VENTURELLI, B. C.; VENDRAMINI, T. H. A.; MINGOTI, R. D.; CALOMENI, G. D.; GARDINAL, R.; GANDRA, J. R.; BETTERO, V. P.; DE JESUS, E. F.; OLIVEIRA, M. D. S.; RENNÓ, F. P. Ruminal biohydrogenation and abomasal flow of fatty acids in lactating cows fed diets supplemented with soybean oil, whole soybeans, or calcium salts of fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 1-11, 2018.

HERMUCHE, P. M.; MARANHÃO, R. L. A.; GUIMARÃES, R. F.; CARVALHO JÚNIOR, O. A.; GOMES, R. A. T.; PAIVA, S. R.; McMANUS, C. Dynamics of Sheep Production in Brazil. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 2, p. 665-679, 2013.

JOHNSON, K. A.; JOHNSON, D. E. Methane emissions from cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 2483–2492, 1995.

KUMAR, S.; CHOUDHURY, P. K.; CARRO, M. D.; GRIFFITH, G. W.; DAGAR, S. S.; PUNIYA, M.; CALABRO, S.; RAVELLA, S. R.; DHEWA, T.; UPADHYAY, R. C.; SIROHI, S. K.; KUNDU, S. S.; WANAPAT, M.; PUNIYA, A. K. New aspects and strategies for methane mitigation from ruminants. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 98, p. 31–44, 2014.

LAN, W.; YANG, C. Ruminant methane production: Associated microorganisms and the potential of applying hydrogen-utilizing bacteria for mitigation. **Science of the Total Environment**, v. 654, p. 1270–1283, 2019.

LIMA, P. R.; APDINI, T.; FREIRE, A. S.; SANTANA, A. S.; MOURA, L. M. L.; NASCIMENTO, J. C. S.; RODRIGUES, R. T. S.; DIJKSTRA, J.; GARCEZNETO, A. F.; QUEIROZ, M. A. Á.; MENEZES, D. R. Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 249, p. 10–17, 2019.

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.

MILLER, R. Drivers of Consumer Liking for Beef, Pork, and Lamb: A Review. **Foods**, v. 9, n. 4, p. 428, 2020.

MILTKO, R.; MAJEWSKA, M. P.; BEŁŻECKI, G.; KULA, K.; KOWALIK, B. Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented different vegetable oils. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 32, p. 767–775, 2019.

NASCIMENTO, C. O.; PINA, D. S.; CIRNE, L. G. A.; SANTOS, S. A.; ARAÚJO, M. L. G. M. L.; RODRIGUES, T. C. G. C.; SILVA, W. P.; SOUZA, M. N. S.; ALBA, H. D. R.; CARVALHO, G. G. P. Effects of Whole Corn Germ, a Source of Linoleic Acid, on Carcass Characteristics and Meat Quality of Feedlot Lambs. **Animals**, V. 11, p. 267, 2021.

NGUYEN, Q. V.; MALAU-ADULI, B. S.; CAVALIERI, J.; NICHOLS, P. D.; MALAU-ADULI, A. E. O. Enhancing Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acid Content of Dairy-Derived Foods for Human Consumption. **Nutrients**, v. 11, p.743, 2019.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007. 384 p.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W. R. S. Metabolismo de lipídeos. *In*: BERCHIELLI, T. T; PIRES, A. V; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2ª Ed. Jaboticabal - SP: FUNEP, 2011. p. 299-322.

PANNIER, L.; GARDNER, G.E.; O'REILLY, R.A.; PETHICK, D.W. Factors affecting lamb eating quality and the potential for their integration into an MSA sheepmeat grading model. **Meat Science**, v. 144, p. 43-52, 2018.

PARENTE, M. O. M.; ROCHA, K. S.; BESSA, R. J. B.; PARENTE, H. N.; ZANINE, A. M.; MACHADO, N. A. F.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, L. R.; LANDIM, A. V.; ALVES, S. P. 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.

PARVAR, R.; GHOORCHI, T.; SHAMS SHARGH, M. Influence of dietary oils on performance, blood metabolites, purinederivatives, cellulase activity and muscle fatty acid composition infattening lambs. **Small Ruminant Research**, v. 150, p. 22–29, 2017.

PINHEIRO, R. S. B.; FRANCISCO, C. L.; LINO, D. M.; BORBA, H. Meat quality of Santa Inês lamb chilled-then-frozen storage up to 12 months. **Meat Science**, v. 148, p. 72–78, 2019.

POLI, C. H. E. C.; MONTEIRO, A. L. G.; DEVINCENZI, T.; DE ALBUQUERQUE, F. H. M. A. R.; DA MOTTA, J. H.; BORGES, L. I.; MUIR, J. P. Management Strategies for Lamb Production on Pasture-Based Systems in Subtropical Regions: A Review. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 7, 543, 2020.

RAINERI, C.; NUNES, B. C. P.; GAMEIRO, A. H. Technological characterization of sheep production systems in Brazil. **Animal Science Journal**, v. 86, n. 4, p. 476-485, 2015.

RICARDO, H. A.; FERNANDES, A. R. M.; MENDES, L. C. N.; OLIVEIRA, M. A. G.; PROTES, V. M.; SCATENA, E. M.; ROÇA, R. O.; ATHAYDEF, N. B.; GIRÃO, L. V. C.; ALVES, L. G. C. Carcass traits and meat quality differences between a

traditional and an intensive production model of market lambs in Brazil: Preliminary investigation. **Small Ruminant Research**, v. 130, p. 141–145, 2015.

RUFINO, L. M. A.; BATISTA, E. D.; RODRIGUES, J. P. P.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINOC, M. F.; COSTA E SILVA, L. F.; DETMANN, E. Effects of the amount and frequency of nitrogen supplementation on intake, digestion, and metabolism in cattle fed low-quality tropical grass. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, p. 114367, 2020.

SHARIFI, M.; BASHTANI, M.; NASERIAN, A. A.; FARHANGFAR, H.; EMAMI, A. The effect of grapeseed oil on performance, rumen fermentation, antioxidant status and subcutaneous adipose fatty acid profile in lambs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, p. 157–165, 2018.

SHEN, J.; CHEN, Y.; MORAES, L. E.; YU, Z.; ZHU, W. Effects of dietary protein sources and nisin on rumen fermentation, nutrient digestion, plasma metabolites, nitrogen utilization, and growth performance in growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 1929–1938, 2018.

SHINGFIELD, K. J.; BONNET, M.; SCOLLAN, N. D. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. **Animal**, v. 7, p. 132–162, 2013. Supl. 1.

SORIO, A.; RASI, L. Ovinocultura e abate clandestino: Um problema fiscal ou uma solução de mercado? **Revista de Política Agrícola**, v. 1, p. 71–83, 2010.

STOCKS, S. E.; ALLEN, M. S. Hypophagic effects of propionate increase with elevated hepatic acetyl coenzyme A concentration for cows in the early postpartum period. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 3259-3268, 2012.

TAO, S.; DUANMU, Y.; DONG, H.; TIAN, J.; NI, Y.; ZHAO, R. A high-concentrate diet induced colonic epithelial barrier disruption is associated with the activating of cell apoptosis in lactating goats. **BMC Veterinary Research**, v. 10, p. 1-10, 2014.

URRUTIA, O.; MENDIZABAL, J. A.; ALFONSO, L.; SORET, B.; INSAUSTI, K.; ARANA, A. Adipose Tissue Modification through Feeding Strategies and Their

Implication on Adipogenesis and Adipose Tissue Metabolism in Ruminants.

International Journal of Molecular Sciences, v. 21, p. 3183, 2020.

VAN CLEEF, F. O. S.; EZEQUIEL, J. M. B.; D'AUREA A. P.; ALMEIDA, M. T. C.; PEREZ, H. L.; VAN CLEEF, E. H. C. B. Feeding behavior, nutrient digestibility, feedlot performance, carcass traits, and meat characteristics of crossbred lambs fed high levels of yellow grease or soybean oil. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 151–156, 2016.

VARGAS, J.E; ANDRÉS, S.; LÓPEZ-FERRERAS, L.; SNELLING, T.J.; YÁÑEZ-RUÍZ, D.R.; GARCÍA-ESTRADA, C.; LÓPEZ, S. Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. **Scientific Reports Nature Research**, v. 10, p. 1613, 2020.

YAIR, R.; ALLEN, M. S. The effects of fructose and phosphate infusions on dry matter intake of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 4, p. 2651-2659, 2017.

ZHAO, T.; MA, Y.; QUA, Y.; LUO, H.; LIU, K.; ZUO,Z.; LU, X. Effect of dietary oil sources on fatty acid composition of ruminaldigesta and populations of specific bacteria involved in hydrogenationof 18-carbon unsaturated fatty acid in finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 126–134, 2016.

CAPITULO 1

**Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para cordeiros:
consumo, digestibilidade, desempenho, comportamento ingestivo e
metabólitos sanguíneos**

Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para cordeiros: consumo, digestibilidade, desempenho, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos do óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para cordeiros confinados, sobre o desempenho produtivo e metabólico dos animais. Foram utilizados 40 cordeiros Santa Inês, não castrados, com idade média de 5 meses e peso corporal inicial de $34,88 \text{ kg} \pm 3,19 \text{ kg}$. Os animais foram distribuídos em cinco dietas experimentais com níveis de inclusão (0; 30; 60; 90 e 120g/kg) de óleo de soja (OS) na matéria seca (MS) da dieta total. A inclusão de OS na dieta promoveu redução linear no consumo de MS ($P < 0,001$), proteína bruta (PB; $P < 0,001$), carboidratos não fibrosos (CNF; $P < 0,001$) e nutrientes digestíveis totais (NDT; $P = 0,004$). Houve efeito quadrático no consumo de extrato etéreo (EE; $P = 0,002$) e fibra em detergente neutro ($P = 0,005$). A digestibilidade aparente da PB ($P = 0,016$), EE ($P = 0,005$) e NDT ($P < 0,001$) aumentaram e o CNF_c ($P = 0,005$) reduziu linearmente. O Ganho médio diário diminuiu ($P < 0,001$) em função dos níveis de OS na dieta. A adição de OS nas dietas aumentou o tempo de alimentação ($P = 0,004$), reduziu a eficiência de ruminação de MS ($P = 0,001$) e reduziu a concentração de N-ureico sanguíneo ($P < 0,001$). Considerando os parâmetros produtivos, se recomenda a inclusão de 30 g/kg de OS na MS da dieta total em dietas para terminação de cordeiros em confinamento.

Palavras-chave: confinamento, eficiência alimentar, lipídios, nutrição de ruminantes, ovinos

Soybean oil, source of linoleic acid, in diets for lambs: consumption, digestibility, performance, ingestive behavior and blood metabolites

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effects of soybean oil, a source of linoleic acid, in diets for confined lambs, on the productive and metabolic performance of the animals. Forty Santa Inês lambs, uncastrated, with a mean age of 5 months and initial body weight of $34.88 \text{ kg} \pm 3.19 \text{ kg}$ were used. The animals were distributed in five experimental diets with inclusion levels (0, 30, 60, 90 and 120g/kg) of soybean oil (SO) in the dry matter (DM) of the total diet. The inclusion of SO in the diet promoted a linear reduction in DM intake ($P < 0.001$), crude protein (CP; $P < 0.001$), non-fibrous carbohydrates (NFC; $P < 0.001$) and total digestible nutrients (TDN; $P = 0.004$). There was a quadratic effect on the consumption of ether extract (EE; $P = 0.002$) and neutral detergent fiber ($P = 0.005$). The apparent digestibility of CP ($P = 0.016$), EE ($P = 0.005$) and TDN ($P < 0.001$) increased and NFCa ($P = 0.005$) linearly reduced. Mean daily gain decreased ($P < 0.001$) as a function of dietary SO levels. The addition of SO to the diets increased the feeding time ($P = 0.004$), reduced the efficiency of DM rumination ($P = 0.001$) and reduced the concentration of blood urea-N ($P < 0.001$). Considering the production parameters, it is recommended the inclusion of 30 g/kg of SO in the DM of the total diet in diets for finishing lambs in feedlot.

Keywords: feedlot, feed efficiency, lipids, ruminant nutrition, sheep

INTRODUÇÃO

A utilização de óleos vegetais em dietas para cordeiros são alternativas eficientes quando se deseja aumentar o aporte calórico da dieta (NRC, 2007). Além disso, a adição de óleos vegetais com elevado teores de ácido linoléico (AL), como o óleo de soja (59,08 g de AL por 100 gramas de ácidos graxos totais), em dietas de ruminantes podem estimular à ocorrência de ampla taxa bio-hidrogenação (BH; aproximadamente 89%), favorecendo o acúmulo de intermediários como o ácido vacênico (18:1 trans-11) que podem inibir parcialmente a BH e promover aumento no fluxo de ácidos graxos poliinsaturados no intestino em dietas ricas em gordura (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016; Freitas Júnior et al., 2018).

Desta forma, a ocorrência da BH e o aumento do aporte de AGPI promovida por fontes de AL, pode não comprometer o consumo de matéria seca (CMS) e a digestibilidade da fibra (Ferreira et al., 2016), e o desempenho de cordeiros (Felix-Bernal et al., 2016; Nascimento et al., 2021). Além disso, pode aumentar a eficiência alimentar de cordeiros (Felix-Bernal et al., 2016; Van Cleef et al., 2016), incrementar o perfil de ácidos graxos insaturados na carne (Francisco et al., 2015; Alba et al., 2021) e reduzir a produção de metano entérico em cordeiros (Lima et al., 2019).

No entanto, são relatados efeitos indesejáveis da adição de fontes de AL nas dietas para cordeiros. Assim, se observa redução do consumo voluntário de matéria seca e da digestibilidade de nutrientes, especificamente da fibra (Francisco et al., 2015; Van Cleef et al., 2016; Parente et al., 2020). Portanto, o conhecimento do nível ideal de óleo de soja em dietas para cordeiros em terminação é importante para evitar impactos negativos sobre o desempenho produtivo dos animais.

Objetivou-se com este estudo testar a hipótese de que o óleo de soja pode ser incluído em dietas para cordeiros confinados (até 120 g/kg da MS) promovendo o aumento da eficiência alimentar sem comprometer os metabólitos sanguíneos e o desempenho produtivo dos animais.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento e ética

O experimento foi conduzido na Fazenda experimental da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia -Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos, Bahia, Brasil, a 12° 23' 57.51" na latitude Sul e 38° 52' 44.66" na longitude Oeste.

Os procedimentos com os animais foram realizados mediante autorização da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal da Bahia, sob o protocolo nº 72/2018.

Animais, dietas e delineamento experimental

Foram utilizados 40 cordeiros Santa Inês, machos não castrados, com idade média de 5 meses e peso corporal inicial de $34,88 \pm 3,16$ kg (média \pm DP). Os animais foram alojados em baias individuais de 1,2 m², cobertas, com piso ripado de madeira e suspensas, providas de bebedouros e comedouros com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais. No início do experimento os cordeiros foram identificados, submetidos ao controle de endoparasitos e ectoparasitos, imunizados com vacina polivalente contra clostridioses e suplementados com vitaminas A, D e E por via intramuscular.

A duração total do experimento foi de 55 dias, dos quais 15 foram destinados à adaptação dos animais ao ambiente e dietas (período de adaptação) e 40 dias para coleta de dados (período experimental). Durante o período de adaptação o óleo de soja foi incluído gradualmente nas dietas, foi acrescentado 10 g/kg de óleo de soja na MS das dietas fornecida aos animais, até atingir os níveis definidos e utilizados nas dietas experimentais. No início do período experimental, 16º dia, os animais foram pesados após jejum de 16 horas, obtendo o peso inicial. As dietas foram fornecidas em duas refeições diárias, 50% às 8h00 e 50% às 16h00, de forma a permitir entre 10 e 20% de sobras. As dietas experimentais foram compostas por silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*) como fonte volumosa, com partículas médias de 5 cm, e concentrado, constituído de farelo de soja, milho moído, óleo de soja, ureia e suplemento mineral comercial específico para ovinos (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Item	Ingredientes			
	Silagem de sorgo	Farelo de soja	Milho moído	Óleo de soja
Composição bromatológica (g/kg de MS)				
Matéria seca (g/kg de MN)	355,9	901,1	853,3	1000,0
Matéria mineral	32,2	66,1	13,2	-
Proteína bruta	74,7	481,4	88,3	-
Extrato etéreo	22,5	23,7	41,5	999,0
FDN _{cp} ¹	516,2	140,1	111,1	-
FDA _{cp} ²	277,0	75,4	25,4	-
Hemicelulose	239,2	64,7	85,7	-
Celulose	234,3	70,0	20,6	-
Lignina	42,7	5,4	4,8	-
FDN indigestível	168,5	18,8	12,4	-
CNF ³	354,4	288,7	745,9	-
NDT ⁴	715,6	794,6	830,7	1969,6
EM (Mcal/kg) ⁵	2,6	3,5	3,1	7,7
PIDN (g/kg de PB) ⁶	168,3	39,4	115,1	-
PIDA (g/kg de PB) ⁷	63,2	2,9	17,7	-
Perfil de ácidos graxos (g/100g)				
C8:0	0,01	0,01	0,01	0,01
C10:0	0,00	0,08	0,08	0,06
C12:0	0,04	0,10	0,11	0,09
C14:0	0,14	0,97	0,85	0,47
C16:0	1,30	6,76	7,31	14,25
C16:1	0,06	0,23	0,15	0,20
C18:0	0,73	1,82	1,40	4,52
C18:1 n-9	1,02	7,26	14,53	22,91
C18:2 n-6	0,86	17,98	22,32	59,08
C18:3 n-3	0,46	2,17	0,62	6,75

¹Fibra em detergente neutro; ²Fibra em detergente ácido; ³Carboidratos não fibrosos; ⁴Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações de Cruz et al. (2021); ⁵Energia Metabolizável estimada pelas equações do NRC (2001); ⁶Proteína insolúvel em detergente neutro; e ⁷Proteína insolúvel em detergente ácido.

As dietas experimentais possuíam cinco níveis (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg) de inclusão de óleo de soja na matéria seca da dieta total (Tabela 2), sendo formuladas segundo as recomendações do National Research Council (NRC, 2007) com o objetivo de atender as exigências para cordeiros com ganho de peso médio diário estimado de 200g/dia. As dietas foram preparadas diariamente para evitar a rancificação do óleo de soja.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes, composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)				
	0	30	60	90	120
Ingredientes (g/kg de MS ¹)					
Silagem de sorgo	400	400	400	400	400
Farelo de soja	116	120	124	128	133
Milho moído	461	427	393	359	324
Óleo de soja	0	30	60	90	120
Ureia	8	8	8	8	8
*Suplemento mineral	15	15	15	15	15
Composição bromatológica (g/kg de MS)					
Matéria Seca (g/kg de MN)	663,3	667,8	672,4	677,0	681,7
Matéria mineral	41,6	41,5	41,3	41,1	41,0
Proteína bruta	148,9	147,9	146,8	145,7	145,0
Extrato etéreo	30,9	59,6	88,2	116,9	145,5
FDN _{cp} ²	273,9	270,7	267,5	264,3	261,1
FDA _{cp} ³	131,2	130,7	130,1	129,6	129,0
Hemicelulose	142,7	140,0	137,4	134,7	132,0
Celulose	111,3	110,9	110,5	110,1	109,7
Lignina	19,9	19,8	19,6	19,5	19,4
FDN indigestível	75,3	75,0	74,6	74,3	73,9
CNF ⁴	519,1	494,9	470,7	446,6	421,9
NDT ⁵	754,7	774,7	794,6	814,6	834,5
EM (Mcal kg ⁻¹) ⁶	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7
PIDN (g/kg de PB) ⁷	80,0	78,8	77,5	76,2	74,8
PIDA (g/kg de PB) ⁸	18,6	18,4	18,3	18,1	17,8
Perfil de ácidos graxos (g/100g)					
C8:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C10:0	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
C12:0	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
C14:0	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
C16:0	4,67	4,88	5,09	5,29	5,50
C16:1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
C18:0	1,15	1,24	1,34	1,43	1,53
C18:1 n-9	7,95	8,17	8,40	8,62	8,83
C18:2 n-6	12,72	13,81	14,89	15,98	17,06
C18:3 n-3	0,72	0,91	1,10	1,29	1,48

*Níveis de garantia (por kg de elementos ativos): Cálcio- 110,00g, Fósforo - 87,00g, Enxofre - 18,00g, Cobre - 590,00 mg, Cobalto - 15,00 mg, Sódio - 147g, Cromo - 20,00 mg, Iodo - 50,00 mg, Manganês - 2,00g, Selênio - 20,00 mg, Zinco - 3,80g, e Flúor (máx.) - 870,00 mg, Molibidênio - 300mg.; ¹Matéria seca; ²Fibra em detergente neutro; ³Fibra em detergente ácido; ⁴Carboidratos não fibrosos; ⁵Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações de Cruz et al. (2021); ⁶Energia Metabolizável estimada pelas equações do NRC (2001); ⁷Proteína insolúvel em detergente neutro; e ⁸Proteína insolúvel em detergente ácido.

Análises laboratoriais

Durante o experimento, amostras dos ingredientes, dietas e sobras foram coletadas e armazenadas em freezer a -20°C , posteriormente, foram pré-secas em estufa com circulação de ar forçada a 55°C , por 72 horas, sendo, em seguida, moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de um mm para determinação dos teores de MS (método 934.01), Cinza (método 930.05), proteína bruta (PB; método 981.10) e extrato etéreo (EE; método 920.39) de acordo com a Association of Analytical Chemists - AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) corrigidos para cinzas e proteína (FDN_{ncp} e FDA_{cp}) foram determinados segundo Mertens (2002) e Licitra et al. (1996). A lignina foi determinada de acordo com o método 973.18 (AOAC, 2006), sendo o resíduo da FDA tratado com solução de ácido sulfúrico a 72%. A hemicelulose e a celulose foram obtidas por meio da diferença entre FDN e FDA, e FDA e Lignina, respectivamente. Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) foram determinados conforme Licitra et al. (1996).

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) das dietas foram calculados de acordo com Hall (2000). Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados utilizando as equações para pequenos ruminantes proposta por Cruz et al. (2021). As energias digestível (ED) e metabolizável (EM) foram estimados conforme as equações do NRC (2001).

As amostras de ingredientes para análises de perfil de ácidos graxos foram liofilizadas e moídas uniformemente. A extração e metilação das amostras foi realizada através da síntese direta de ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) (O'Fallon et al., 2007).

A composição dos ácidos graxos dos EMAG foram identificados e quantificados usando um cromatógrafo de gás (CGFOCUS com injeção dividida) equipado com uma coluna capilar SPTM-2560 (100 m \times 0,25 mm i.d. com espessura de filme de 0,02 μm ; Supelco) e detector de ionização de chama (Thermo Scientific Inc.). As temperaturas do detector e do injetor foram fixadas em 250°C , com proporção de divisão de 15:1.

A temperatura inicial do forno foi de 70°C mantida por 4 min, subsequentemente aumentada em $13^{\circ}\text{C} / \text{min}$ para 175°C , mantida por 27 min, e posteriormente aumentada em $4^{\circ}\text{C} / \text{min}$ até 215°C , mantida por 31 min (Kramer et al.

, 1997). Os ácidos graxos foram identificados comparando seus tempos de retenção com o padrão interno C19:0 (189-19 Sigma Aldrich; 10 mg de C19:0 / ml MeOH).

Ensaio de digestibilidade

O ensaio de digestibilidade foi realizado em dois períodos com duração de cinco dias cada, entre os 14° - 18° e 35° - 39° dias do período experimental. A coleta de fezes foi realizada direto da ampola retal dos animais, duas vezes ao dia, manhã e tarde, com intervalos de 8 horas, embaladas em sacos plásticos identificados e armazenadas a - 20°C. Posteriormente, foram pré-secas, processadas a 2 mm e agrupadas em amostras compostas, das quais 50% foram novamente moídas a 1 mm para as análises laboratoriais.

Para a estimativa da produção fecal, amostras das sobras, fezes e ingredientes foram avaliadas quanto aos teores de FDN indigestível (FDNi) utilizando-se sacos de TNT, em procedimento de incubação in situ por 288 horas (Reis et al., 2017).

O coeficiente de digestibilidade (CD) das frações nutricionais (MS, MO, MM, PB, EE, FDNcp e CNF) foi determinado pela seguinte fórmula: $CD = [(Nutriente\ consumido(g) - Nutriente\ nas\ fezes(g)) / Nutriente\ consumido(g)] \times 100$. Em que: g de nutriente consumido = g de nutriente fornecido – g de nutriente nas sobras.

O teor de nutrientes digestíveis totais observado (Tabela 3) foi calculado mediante a fórmula proposta por Weiss et al. (1999).

Avaliação de consumo e desempenho

Diariamente, antes do fornecimento das dietas no período da manhã, as sobras foram coletadas e pesadas em balança digital para obtenção do consumo de matéria seca (CMS). O consumo de componentes nutricionais foi calculado de acordo com a seguinte fórmula: $Consumo\ (kg) = nutriente\ ingerido - nutriente\ nas\ sobras$.

O ganho de peso total (GPT = Peso final – Peso inicial) foi obtido pela diferença entre o peso corporal e inicial (obtido no 16° dia) e o peso corporal final (obtido no 40° dia). O ganho de peso médio diário foi obtido da seguinte maneira: $GPT/40$ dias. As pesagens foram realizadas pela manhã após os animais passarem por jejum de sólidos de 16 horas.

A eficiência alimentar (EA) foi obtida pela relação entre o ganho de peso médio diário (GPMD) e o consumo de MS ($EA = GPMD/CMS$) dos animais em todo o período experimental.

Comportamento ingestivo

No 12º e 32º dia do período experimental todos os animais foram submetidos à observação visual para avaliação do comportamento ingestivo. As observações foram realizadas por observadores treinados a cada 5 minutos, durante 24 horas, para determinação do tempo despendido com as atividades de alimentação, ruminação e ócio (Johnson e Combs, 1991). No mesmo dia, foi realizada a contagem do número de mastigações meréricas e tempo despendido na ruminação de cada bolo ruminal, com a utilização de cronômetro digital. Para essa avaliação, foram feitas observações de três bolos ruminais, em três períodos diferentes do dia (10h00-12h00, 14h00-16h00 e 19h00-21h00), medindo-se a média do número de mastigações meréricas e o tempo gasto por bolo ruminal. Durante a noite o ambiente foi mantido em iluminação artificial, com devida adaptação anterior.

A eficiência de alimentação (EAL) e de ruminação (ERU), o tempo de mastigação total por dia (TMT), o número de bolos ruminais por dia (NBR) e o número de mastigações meréricas por bolo (NMM) foram obtidos segundo metodologia descrita por Polli et al. (1996) e Bürger et al. (2000), em que:

$$EAL \text{ (g MS/h)} = CMS \text{ (g MS/dia)} / \text{tempo de alimentação (TAL), h/dia};$$

$$ERU \text{ (g MS/h)} = CMS \text{ (g MS/dia)} / \text{tempo de ruminação (TRU), h/dia};$$

$$TMT \text{ (h/dia)} = TAL + TRU;$$

$$NBR \text{ (nº/dia)} = TRU \text{ (s/dia)} / \text{tempo de mastigações meréricas por bolo ruminal (MMtb), s/bolo}.$$

Parâmetros sanguíneos

No 40º dia do período experimental foi realizada a coleta de sangue quatro horas após primeira alimentação. Por meio de punção da veia jugular, foram coletados 10ml de sangue em tubos sem anticoagulante (BD Vacutainer® SST II Advance) para obtenção do soro, e tubos com inibidor glicolítico e anticoagulante EDTA (BD Vacutainer® Fluoreto/EDTA) para obtenção do plasma, após centrifugação a 1.500 rpm

× g por 15 minutos. Em seguida, o soro e foram transferidos para microtubos eppendorf® e conservados em freezer a -20°C para posteriores análises.

As concentrações séricas de proteína total, determinada pelo método do biureto, e de albumina, pelo método do verde de bromocresol, foram realizadas utilizando-se kits comerciais (Labtest®) e leitura em espectrofotômetro com comprimentos de onda de 550 e 630nm, respectivamente. O teor de globulinas foi calculado pela diferença matemática entre os teores de proteína total e albumina, e seus valores expressos em mg dL-1. A relação albumina:globulina foi obtida a partir da divisão do valor da fração albumina pelo valor da fração globulina.

Os níveis séricos de N-ureico, triglicerídeos e glicose plásmatica foram determinados utilizando-se kits comerciais doles®, e para colesterol total Labtest®, todos empregando o sistema enzimático e leitura em espectrofotômetro, com comprimento de onda de 600 nm para leitura de ureia e triglicerídeos, 510 nm para glicose e 500 nm para colesterol total.

As atividades das enzimas para avaliação do metabolismo hepático, alanina amino transferase (ALT), aspartato amino transferase (AST) e gama-glutamil transferase (GGT) foram mensuradas em sistema cinético utilizando-se kits comerciais (doles®) e a leitura da atividade catalisadora foi efetuada em espectrofotômetro com temperatura entre 20 e 30 °C.

Análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com cinco dietas contendo óleo de soja (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg de óleo de soja) e oito repetições (animais). Utilizou-se o comando PROC MIXED do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4) e os resultados submetidos à análise de variância, bem como os efeitos do óleo de soja, nas dietas, estudados por meio de contrastes polinomiais linear, quadrático e cúbico, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade. O peso corporal inicial foi utilizado no modelo estatístico como covariável quando significativo. Os dados foram analisados usando o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta (X_{ij} - X) + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = valor observado da variável dependente; μ = média geral; α_i = efeito do tratamento i ($i = 1$ a 5), β = efeito da covariável (X_{ij} = valor observado da covariável; X = média da covariável) e ε_{ij} = o erro residual.

RESULTADOS

Consumo, digestibilidade e desempenho

A inclusão crescente de óleo de soja (OS) na dieta promoveu redução linear nos consumos de MS (P <0,001), PB (P <0,001), CNFc (P <0,001) e NDT (P = 0,004) (Tabela 3).

Tabela 3 - Consumo, digestibilidade e desempenho de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)					EPM ¹	Valor-P*	
	0	30	60	90	120		L ²	Q ³
Consumo (g/d)								
MS ⁴	1279,3	1093,4	977,2	966,9	782,8	42,2	<0,001	0,503
PB ⁵	198,0	169,4	152,4	147,1	119,8	6,8	<0,001	0,592
EE ⁶	42,8	72,3	98,0	128,7	133,3	3,4	<0,001	0,002
FDNc ⁷	297,3	245,4	206,4	203,0	187,1	9,1	<0,001	0,005
CNFc ⁸	709,6	560,7	499,7	444,2	352,4	24,0	<0,001	0,173
NDT ⁹	935,6	851,1	860,4	773,3	764,3	41,4	0,004	0,733
Consumo em g/kg de PC								
MS	28,7	25,3	24,1	22,7	21,5	0,8	<0,001	0,143
FDNc	6,7	5,7	5,1	5,0	4,9	0,2	<0,001	0,010
Coeficiente de digestibilidade (%)								
MS	73,5	74,0	74,4	71,5	75,6	1,8	0,782	0,561
PB	66,2	67,0	71,1	68,6	74,2	2,2	0,016	0,720
EE	82,1	85,7	88,7	87,6	88,0	1,4	0,005	0,061
FDNc	46,7	48,1	46,9	47,2	57,7	2,9	0,033	0,083
CNFc	88,0	87,8	86,7	82,9	83,7	1,4	0,005	0,912
NDT	74,7	78,9	83,1	83,7	91,1	1,8	<0,001	0,713
Desempenho								
PVi ¹⁰ (kg)	35,5	35,3	35,3	35,1	33,2	1,1	0,204	0,403
PVf ¹¹ (kg)	44,0	42,9	42,4	40,3	37,9	0,7	<0,001	0,122
GMD ¹² (g)	231,3	203,1	189,3	137,5	76,6	16,5	<0,001	0,105
EA ¹³	181,4	185,4	180,3	146,0	98,1	15,1	0,001	0,026

¹Erro padrão da média, ²Linear, ³Quadrático, ⁴Matéria seca, ⁵Proteína bruta, ⁶Extrato etéreo, ⁷Fibra em detergente neutro, ⁸Carboidratos não fibrosos, ⁹Nutrientes digestíveis totais, ¹⁰Peso vivo inicial, ¹¹Peso vivo final, ¹²Ganho médio diário, ¹³Eficiência alimentar. CMS: $\hat{Y} = 1.244,88 - 3,7566*OS$, $R^2=0,94$; CPB: $\hat{Y} = 193,1664 - 0,5979*OS$, $R^2=0,96$; CEE: $\hat{Y} = 41,22 + 1,2111*OS - 0,0035*OS^2$, $R^2=0,99$; CFNc: $\hat{Y} = 295,7218 - 1,8914*OS + 0,0085*OS^2$, $R^2=0,98$; CCNfcp: $\hat{Y} = 677,0978 - 2,7491*OS$, $R^2=0,96$; CNDT: $\hat{Y} = 921,30 - 1,4018*OS$, $R^2=0,89$; CMS/PC: $\hat{Y} = 27,9 - 0,056*OS$, $R^2=0,94$; CFNcp/PC: $\hat{Y} = 6,669 - 0,036*OS + 0,0002*OS^2$, $R^2=0,99$; CDPB: $\hat{Y} = 65,97 + 0,06*OS$, $R^2 = 0,73$; CDEE: $\hat{Y} = 83,62 +$

$0,045*OS$, $R^2 = 0,66$; $CDFDNc: \hat{Y} = 45,23 + 0,068*OS$, $R^2 = 0,50$; $CDCNFc: \hat{Y} = 88,51 - 0,045*OS$, $R^2 = 0,82$; $CDNDT: \hat{Y} = 74,7870 + 0,1255*OS$, $R^2 = 0,95$; $PVf: \hat{Y} = 44,48 - 0,0494*OS$, $R^2 = 0,94$; $GMD: \hat{Y} = 241,9872 - 1,25*OS$, $R^2 = 0,94$; $EA: \hat{Y} = 180,5102 + 0,5711*OS - 0,0105*OS^2$, $R^2 = 0,99$.

Houve efeito quadrático ($P = 0,002$) no consumo de EE, e a máxima resposta no nível de inclusão de 145,99 g/kg de OS (173,01g). No entanto, o menor ($P = 0,005$) consumo de FDNc (g/dia) foi estimado no nível de inclusão de 111,26 g/kg de OS na dieta (190,56 g). Houve efeito quadrático ($P = 0,010$) para o consumo de FDNc g/kg de PC, com mínima resposta de 5,1 g no nível de inclusão de 87,5 g/kg de inclusão de OS na dieta.

A digestibilidade aparente da PB ($P = 0,016$), FDNc ($P = 0,033$) e EE ($P = 0,005$), e o teor de NDT ($P < 0,001$) aumentaram linearmente. O coeficiente de digestibilidade aparente do CNFc ($P = 0,005$) diminuiu de forma linear (Tabela 3).

O PVf ($P < 0,001$) e o GMD ($P < 0,001$) reduziram linearmente. No entanto, eficiência alimentar ($P = 0,026$) foi quadrática (Tabela 3), com máxima resposta de 188,27 g de ganho de PV/kg de MS consumida foi no nível de 27,19 g/kg de inclusão de OS.

Comportamento ingestivo

Houve aumento no tempo de alimentação (horas/dia) ($P = 0,004$). Já os tempos de ruminação e ócio não foram alterados ($P > 0,05$). As eficiências alimentares de MS ($P < 0,001$) e FDN ($P < 0,001$) reduziram em função dos níveis de OS na dieta (Tabela 4).

As eficiências de ruminação da MS ($P = 0,001$) e FDN ($P = 0,001$) reduziram em função dos níveis de OS nas dietas (Tabela 4). As variáveis gMS/bolo ($P = 0,037$), NMM/bolo ($P = 0,003$) e TMM/bolo ($P = 0,003$) se comportaram de maneira quadrática e houve máximas respostas, respectivamente, de 2,3 gMS/bolo, 75,57 mastigações/bolo e 48,31 segundos, nos respectivos níveis de 60, 65,63 e 68,01 de g kg⁻¹ de OS nas dietas. Já para o NBR que também foi quadrático ($P = 0,040$) se observou mínimo valor de 468,23 bolos ruminais no nível de inclusão de 81,11 g/kg de OS. O TMT não foi afetado pela inclusão de OS na dieta.

Tabela 4 - Comportamento ingestivo de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)					EPM ¹	Valor-P*	
	0	30	60	90	120		L ²	Q ³
Tempos (horas/dia)								
Alimentação ⁴	2,5	2,2	2,5	2,9	3,0	0,2	0,004	0,158
Ruminação	6,8	6,3	6,4	6,3	5,9	0,3	0,122	0,985
Ócio	14,7	15,5	15,1	14,8	15,1	0,4	0,906	0,590
Eficiência (g MS/h)								
Alimentação ⁵	493,4	488,6	412,4	330,1	295,5	25,8	<0,001	0,502
Ruminação ⁶	185,9	174,5	162,6	152,1	140,9	10,3	0,001	0,961
Eficiência (g FDNc/h)								
Alimentação ⁷	110,5	106	92,4	74,5	68,5	5,5	<0,001	0,723
Ruminação ⁸	41,9	37,8	36,2	34,1	32,8	1,8	0,001	0,548
Mastigações								
gMS/bolo ⁹	2,1	2,2	2,3	2	1,7	0,1	0,036	0,037
NMM/Bolo ¹⁰	64,0	73,4	78,1	69,6	70,0	2,6	0,329	0,003
TMM/Bolo ¹¹	40,6	46,0	50,6	44,3	45,2	1,7	0,165	0,003
NBR ¹²	606,4	492,6	460,3	516,0	476,2	29,5	0,016	0,040
TMT (h/dia) ¹³	9,3	8,5	8,9	9,2	8,9	0,4	0,907	0,590

¹Erro padrão da média, ²Linear, ³Quadrático, ⁴ $\hat{Y}TAL = 2,3270 \pm 0,1221 + 0,005 \pm 0,002 * OS$; $R^2=0,63$; ⁵ $\hat{Y}EAL = 514,83 \pm 19,9038 - 1,8477 \pm 0,2709 * OS$, $R^2=0,95$; ⁶ $\hat{Y}ERU = 185,66 \pm 7,6234 - 0,3747 \pm 0,1037 * OS$, $R^2=0,99$; ⁷ $\hat{Y}EAL = 113,49 \pm 4,2111 - 0,3849 \pm 0,0573 * OS$, $R^2=0,96$; ⁸ $\hat{Y}ERU = 40,7070 \pm 1,3795 - 0,0701 \pm 0,0188 * OS$, $R^2=0,95$; ⁹ $\hat{Y}gMS/bolo = 2,1057 \pm 0,1272 + 0,0076 \pm 0,0051 * OS - 0,00009 \pm 0,00004 * OS^2$, $R^2=0,95$; ¹⁰Número de mastigações meréricas: $\hat{Y}NM/Bolo = 64,9280 \pm 2,5560 + 0,3242 \pm 0,1009 * OS - 0,00247 \pm 0,00081 * OS^2$, $R^2=0,70$; ¹¹Tempo de mastigação merérica: $\hat{Y}TMM/Bolo = 41,0073 \pm 1,6793 + 0,2149 \pm 0,06631 * OS - 0,00158 \pm 0,00053 * OS^2$, $R^2=0,66$; ¹²Número de bolos ruminados: $\hat{Y}NBR = 591,38 \pm 28,6001 - 3,0367 \pm 1,1293 * OS + 0,01872 \pm 0,009224 * OS^2$, $R^2=0,72$; ¹³Tempo de mastigação total.

Metabólitos séricos

Verificou-se aumento na concentração de proteínas totais ($P < 0,001$) e globulina ($P < 0,001$) com a inclusão de óleo de soja nas dietas (Tabela 5). A relação albumina:globulina ($P < 0,001$) foi afetado negativamente com a inclusão de OS. As concentrações de N-ureico no sangue foram reduzidas ($P < 0,001$).

Quanto ao perfil energético a concentração de glicose apresentou comportamento linear decrescente ($P < 0,001$) com a inclusão de OS na dieta. No entanto, a concentração de triglicerídeos apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,001$), no qual o menor valor de $27,38 \text{ mg dL}^{-1}$ foi observado no nível de inclusão de 30 g/kg de OS. A concentração de colesterol total não foram afetadas ($P = 0,910$) pelo aumento no consumo de EE com a inclusão de OS na dieta dos cordeiros.

Tabela 5 - Perfil protéico, energético e hepático sanguíneo de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)					EPM ¹	Valor-P*	
	0	30	60	90	120		L ²	Q ³
Proteínas totais (g/dL) ⁴	6,5	6,4	6,7	7,2	7,1	0,1	<0,001	0,760
Albumina (g/dL)	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	0,1	0,940	0,183
Globulina (g/dL) ⁵	3,9	3,9	4,1	4,6	4,6	0,1	<0,001	0,443
Relação A:G ⁶	0,66	0,7	0,7	0,6	0,6	0,0	<0,001	0,175
N-ureico(g/dL) ⁷	20,3	18,4	15,9	10,5	11,1	0,8	<0,001	0,506
Glicose (g/dL) ⁸	83,3	76,2	72,7	69,7	63,1	2,4	<0,001	0,848
CT (mg/dL) ⁹	54,2	59,5	55,1	60,3	54,7	4,8	0,910	0,589
TRIG(mg/dL) ¹⁰	46,0	27,4	32,3	29,3	44,5	2,3	0,875	<0,001
ALT (UI/L) ¹¹	13,7	13,4	15,5	12,3	12,6	1,0	0,295	0,287
AST (UI/L) ¹²	86,3	99,8	115,0	214,9	163,2	13,8	<0,001	0,393
GGT (UI/L) ¹³	74,8	71,3	66,7	78,1	84,6	4,8	0,091	0,058

¹Erro padrão da média, ²Linear, ³Quadrático, ⁴ $\hat{Y}PT = 6,382 \pm 0,117 + 0,007 \pm 0,0,002 * OS$, $R^2 = 0,76$; ⁵ $\hat{Y}G = 3,791 \pm 0,101 + 0,007 \pm 0,0,001 * OS$, $R^2 = 0,81$; ⁶ $\hat{Y}A:G = 0,68 \pm 0,015 - 0,01 \pm 0,0,0002 * OS$, $R^2 = 0,85$; ⁷ $\hat{Y}N-UREICO = 20,518 \pm 0,717 - 0,088 \pm 0,0,01 * OS$, $R^2 = 0,91$; ⁸ $\hat{Y}GLIC = 82,38 \pm 1,754 - 0,156 \pm 0,024 * OS$, $R^2 = 0,98$; ⁹Colesterol total; ¹⁰Triglicerídeos: $\hat{Y}TRIG = 44,359 \pm 2,587 - 0,576 \pm 0,098 * OS + 0,005 \pm 0,0008 * OS^2$, $R^2 = 0,83$; ¹¹ Alanina aminotransferase; ¹²Aspartato aminotransferase: $\hat{Y}AST = \hat{Y}AST = 81,002 \pm 12,8 + 0,949 \pm 0,0,182 * OS$, $R^2 = 0,65$; ¹³Gama-glutamil transferase.

Houve alteração na enzima indicadora de funcionamento hepático, com a inclusão de OS nas dietas, pois foi detectado aumento da concentração da enzima AST ($P < 0,001$). Não foram observadas diferenças na atividade das enzimas ALT ($P = 0,287$) e GGT ($P = 0,058$) como pode ser observada na Tabela 5.

DISCUSSÃO

Consumo, digestibilidade e desempenho

A redução no CMS pelos cordeiros é condizente com a teoria da oxidação hepática (Yair & Allen, 2017). Os ácidos graxos de cadeia longa (AGCL) presentes no OS são combustíveis metabólicos, oxidados no fígado para maior produção de ATP promovendo a supressão do consumo de matéria seca (Stcoks & Allen, 2012; Allen, 2020). Neste estudo, o AGCL aumentaram à medida que o OS foi incluído na dieta (Tabela 2), principalmente o teor de ácidos graxos insaturados (AGI), ácido oléico e linoléico.

Kucuk et al., (2004) relataram que o aumento de níveis de OS elevaram o fluxo duodenal de ácidos graxos em cordeiros. Além disso, dietas com alto teor de AGI aumentam a produção de colecistocinina no intestino delgado. Este hormônio aumenta o

tempo de retenção ruminal e diminui o esvaziamento ruminal promovendo distensão ruminal, conseqüentemente, diminuindo o consumo de ração (Allen, 2014).

A diminuição no consumo de matéria seca promoveu o menor consumo dos demais componentes nutricionais da dieta, exceto o EE. A adição de OS nas dietas elevou o teor de EE destas e isso justifica o aumento no consumo deste componente.

Com a inclusão de 120 g/kg OS na dieta, o conteúdo de EE foi de aproximadamente 15% da matéria seca. Além disso, considerando que o conteúdo de AGI aumentou consideravelmente, a diminuição na digestibilidade da MS e FDN era esperada, pois os AGI podem ser tóxicos para as bactérias principalmente fibrolíticas, como observado por outros autores (Ferreira et al., 2014; Francisco et al., 2015; Van Cleef et al., 2016; Zhao et al., 2016; Parente et al., 2020). Entretanto, a digestibilidade da MS no presente experimento não foi afetada pela inclusão do OS na dieta e houve acréscimo na digestibilidade da FDN em virtude da redução do CFDN (Tabela 3).

Esta observação junto com o incremento da digestibilidade do EE indica que o EE não foi uma limitante na digestão ruminal, provavelmente por uma alta taxa de biohidrogenação e/ou de passagem deste componente nutricional em direção ao intestino delgado (Ferreira et al., 2016; Freitas Júnior et al., 2018). O qual corroboraria a alta digestibilidade do EE, já que os AGCL têm uma alta digestibilidade no intestino delgado (Alba et al., 2021).

Em ruminantes, a digestibilidade do CNF é maior em nível ruminal (Andreazzi et al., 2018), assim, provavelmente o CNF das dietas afetadas pelo poder de aderência e barreira física do OS diminuíram sua digestibilidade e aumentaram sua taxa de passagem, reduzindo mais ainda a digestibilidade deste nutriente.

Embora a adição de OS na dieta de cordeiros promoveu um aumento da digestibilidade da PB, EE e NDT, esta não foi suficiente para suprir as necessidades nutricionais dos animais, afetadas pela diminuição no consumo de nutrientes. Conseqüentemente, o GMD e o PVf foram afetados, diminuindo linearmente com a inclusão do OS na dieta.

O consumo mínimo de PB e de NDT necessário para que cordeiros com crescimento moderado e com mais de 30 kg de peso corporal é respectivamente de 167 e 790 g/d (NRC, 2007). Portanto, a redução no CMS comprometeu o ganho de peso

formulado para cordeiros (Tabela 3) em níveis de inclusão acima de 30 g/kg de óleo de soja (169,4 g/d).

Portanto, o aumento da eficiência alimentar no nível de até 30 g/kg é justificada pela redução no consumo de MS e manutenção do ganho de peso dos cordeiros. Assim como este trabalho, ganhos em eficiência alimentar são observados nos estudos com inclusão de fontes de gordura na dieta de cordeiros em terminação (Van Cleef et al., 2016; Félix-Bernal et al., 2016; Ribeiro et al., 2018). A utilização de OS até 30 g/kg da MS pode proporcionar aumento na sustentabilidade dos sistemas de terminação de cordeiros confinados, justificada pelo aumento da eficiência de utilização dos nutrientes.

Comportamento ingestivo

A ingestão de MS em cordeiros confinados consumindo OS é uma função entre número e tamanho das refeições diárias. Embora a inclusão de OS nas dietas tenha promovido aumento no tempo de alimentação, houve redução no tamanho das refeições comprovada pela redução na eficiência de alimentação (Tabela 4). A redução na eficiência de alimentação fornece forte indício de aumento da saciedade em cordeiros submetidos a dietas com alto teor de gordura (Allen et al, 2009). Além de possíveis efeitos aparentes que a inclusão de fontes de gordura não protegidas na dieta de cordeiros desempenham sobre a seletividade da dieta e/ou toxicidade da microbiota ruminal (Zhao et al., 2016; Alba et al., 2021).

A eficiência de ruminação da MS e da FDN foram influenciadas pelo comportamento do CMS, já que os tempos de ruminação não foram alterados pela inclusão de OS na dieta dos cordeiros.

A redução no NBR verificada na dieta com 60 g/kg de inclusão de OS na MS, associada com a redução no CMS (Tabela 4), proporcionou aumento no conteúdo de MS por bolo ruminado, o que resultou em maior número de mastigações e tempo de mastigação por bolo. Lima et al. (2019) encontraram aumentos no NM/bolo e TM/bolo na dieta de cordeiros em terminação confinados consumindo 50 g/kg de inclusão de OS na MS.

Metabólitos séricos

O aumento nas concentrações de proteínas totais está relacionado ao aumento na concentração de globulinas. O incremento na concentração de globulinas pode ser justificado pelo aumento na digestibilidade da PB e no consumo de EE (Tabela 3), favorecendo o acréscimo na utilização de ácidos graxos como combustíveis metabólicos. Embora tenha sido encontrada aumento na concentração de globulinas, resultando em redução da relação albumina:globulina, as concentrações máximas encontradas de 4,62 g/dL encontra-se na faixa de normalidade para a espécie que é de 3,5 a 5,7 g/dL (Kaneko et al., 1997).

O aumento no aporte de ácidos graxos na dieta dos cordeiros provavelmente resultou em redução no suprimento de fontes intermediárias da gliconeogênese e fontes de nitrogênio, o que resultou em redução das concentrações séricas de glicose e de N-ureico. Sendo este comportamento similar àqueles observados por outros autores em trabalhos com cordeiros em terminação com suplementação de lipídios na dieta (Ribeiro et al., 2018; Shen et al., 2018).

Possivelmente até o nível de 30 g/kg de inclusão de OS houve utilização dos ácidos graxos no metabolismo, suprimindo as necessidades de crescimento formuladas. Porém, a partir dos níveis de inclusão de OS superiores a 30 g/kg de MS provavelmente houve desbalanço no consumo de PB e energia, sendo o excesso de energia consumida via AG destinados a mobilização via triglicerídeos.

A atividade da enzima AST apresentou comportamento linear crescente, o que comprova aumento do metabolismo do fígado (Bianchi et al., 2014). O aumento na atividade da transaminase (AST) pode estar relacionado ao aumento da reciclagem de nitrogênio via ciclo da ureia, que pode ser justificado por mecanismo fisiológico compensatório de reciclagem de N com o objetivo de suprir a redução na ingestão de PB (Tabela 3).

Embora tenha ocorrido aumento nas concentrações de AST os valores se encontram dentro da faixa de normalidade para a espécie de 60 a 280 UI/L, comprovando que não houve dano hepático com a inclusão de OS da dieta dos cordeiros (Kaneko et al., 1997).

CONCLUSÃO

O óleo de soja pode ser incluído em até 30 g/kg de matéria seca em dietas para a terminação de cordeiros em confinamento com ganho médio diário de 200 g.

Por outro lado, o nível de inclusão de óleo de soja de 60 g/kg de matéria seca na dieta poderá ser indicado em situações em que o custo dos ingredientes tradicionais for superior do óleo de soja, já que esse nível de inclusão proporciona ganho de peso de aproximadamente 200 g/dia (189,3g) em cordeiros confinados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA, H. D. R.; DE FREITAS JÚNIOR, J. E.; LEITE, L. C.; AZEVÊDO, J. A. G.; SANTOS, S. A.; PINA, D. S.; CIRNE, L. G. A.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, W. P.; LIMA, V. G. O.; TOSTO, M. S. L.; DE CARVALHO, G. G. P. Protected or Unprotected Fat Addition for Feedlot Lambs: Feeding Behavior, Carcass Traits, and Meat Quality. **Animals**, v. 11, p. 328, 2021.

ALLEN, M. S. Control of feed intake by hepatic oxidation in ruminant animals: integration of homeostasis and homeorhesis. **Animal**, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2020.

ALLEN, M. S. Drives and limits to feed intake in ruminants. **Animal Production Science**, v. 54, p. 1513–1524, 2014.

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3317–3334. 2009.

ANDREAZZI, A. S. R.; PEREIRA, M. N.; REIS, R. B.; PEREIRA, R. A. N.; MORAIS JÚNIOR, N. N.; ACEDO, T. S.; HERMES, R. G.; CORTINHAS, C. S. Effect of exogenous amylase on lactation performance of dairy cows fed a high-starch diet. **Journal Dairy Science**, v. 101, p. 7199–7207, 2018.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 15ª ed. Arlington: AOAC, 1990. 1018 p.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18^a ed. Gaithersburgs, Maryland: AOAC, 2006.

BIANCHI, A. E.; MACEDO, V. P.; FRANCA, R. T.; LOPES, S. T. A.; LOPES, L. S.; STEFANI, L. M.; VOLPATO, A.; LIMA, H. L.; PAIANO, D.; MACHADO, G.; DA SILVA, A. S. Effect of adding palm oil to the diet of dairy sheep on milk production and composition, function of liver and kidney, and the concentration of cholesterol, triglycerides and progesterone in blood serum. **Small Ruminant Research**, v. 117, p. 78–83, 2014.

BURGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; SILVA, J. F. C.; VALADARES FILHO, S. C.; CECON, P. R.; CASALI, A. D. P. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 236-242, 2000.

COSTA, M.; ALVES, S. P.; FRANCISCO, A.; ALMEIDA, J.; ALFAIA, C. M.; MARTINS, S. V.; PRATES, J. A. M.; SANTOS-SILVA, J.; DORAN, O.; BESSA, R. J. B. The reduction of starch in finishing diets supplemented with oil does not prevent the accumulation of trans-10 18:1 in lamb meat. **Journal of Animal Science**, v. 95, p. 3745–3761, 2017.

CRUZ, C. H.; SANTOS, S. A.; CARVALHO, G. G. P.; AZEVEDO, J. A. G.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; MARIZ, L. D. S.; PEREIRA, E. S.; NICORY, I. M. C.; TOSTO, M. S. L.; ALBA, H. D. R. Estimating digestible nutrients in diets for small ruminants fed with tropical forages. **Livestock Science**, v. 249, p. 104532, 2021.

FÉLIX-BERNAL, J. A.; ESTRADA-ANGULO, A.; ANGULO-ESCALANTE, M. A.; CASTRO-PÉREZ, B. I.; LANDEROS-LÓPEZ, H.; LÓPEZ-SOTO, M. A.; BARRERAS, A.; ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A. Feeding value of supplemental *Jatropha curcas* crude oil in finishing diets for feedlot lambs. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 3875–3882, 2016.

FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GENTIL, R. S.; PARENTE, M. O. M.; NOLLI, C. P.; MENEGHINI, R. C. M.; MENDES, C. Q.; RIBEIRO, C. V. D. M. Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fattyacid profile of lambs fed

soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 187, p. 9–18, 2016.

FRANCISCO, A.; DENTINHO, M. T.; ALVES, S. P.; PORTUGAL, P. V.; FERNANDES, F.; SENGO, S.; JERÓNIMO, E.; OLIVEIRA, M. A.; COSTA, P.; SEQUEIRA, A.; BESSA, R. J. B.; SANTOS-SILVA, J. Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer L.*) and vegetable oils. **Meat Science**, v. 100, p. 275–282, 2015.

FREITAS JÚNIOR, J. E.; TAKIYA, C. S.; DEL VALLE, T. A.; BARLETTA, R. V.; VENTURELLI, B. C.; VENDRAMINI, T. H. A.; MINGOTI, R. D.; CALOMENI, G. D.; GARDINAL, R.; GANDRA, J. R.; BETTERO, V. P.; DE JESUS, E. F.; OLIVEIRA, M. D. S.; RENNÓ, F. P. Ruminant biohydrogenation and abomasal flow of fatty acids in lactating cows fed diets supplemented with soybean oil, whole soybeans, or calcium salts of fatty acids. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n. 3, p. 1-11, 2018.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000.

JOHNSON, T. R.; COMBS, D. K. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethyleneglicol on dry matter intake of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 3, p. 933-944, 1991.

KANEKO, J. J.; HARVERY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5^a ed. San Diego: Academic Press, 1997. 932 p.

KRAMER, J. K. C.; FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R.; SAUDER, F. D.; MOSSOBA, M. M.; YURAWECZ, M. P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

KUCUK, O.; HESS, B.W.; RULE, D. C. Soybean oil supplementation of a high-concentrate diet does not affect site and extent of organic matter, starch, neutral detergent fiber, or nitrogen digestion, but influences both ruminal metabolism and intestinal flow of fatty acids in limit-fed lambs. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 2985–2994, 2004.

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

LIMA, P. R.; APDINI, T.; FREIRE, A. S.; SANTANA, A. S.; MOURA, L. M. L.; NASCIMENTO, J. C. S.; RODRIGUES, R. T. S.; DIJKSTRA, J.; GARCEZ NETO, A. F.; QUEIROZ, M. A. Á.; MENEZES, D. R. Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 249, p. 10–17, 2019.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

NASCIMENTO, C. O.; PINA, D. S.; CIRNE, L. G. A.; SANTOS, S. A.; ARAÚJO, M. L. G. M. L.; RODRIGUES, T. C. G. C.; SILVA, W. P.; SOUZA, M. N. S.; ALBA, H. D. R.; CARVALHO, G. G. P. Effects of whole corn germ, a source of linoleic acid, on carcass characteristics and meat quality of feedlot lambs. **Animals**, v. 11, p. 267, 2021.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7^a ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 405 p.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007. 384 p.

O'FALLON, J. V.; BUSBOOM, J. R.; NELSON, M. L.; GASKINS, C. T. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1511-1521, 2007.

PARENTE, M. O. M.; ROCHA, K. S.; BESSA, R. J. B.; PARENTE, H. N.; ZANINE, A. M.; MACHADO, N. A. F.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, L. R.; LANDIM, A. V.; ALVES, S. P. 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.

- PARENTE, M. O. M.; SUSIN, I.; NOLLI, C. P.; FERREIRA, E. M.; GENTIL, R. S.; POLIZEL, D. M.; PIRES, A. V.; ALVES, S. P.; BESSA, R. J. B. Effects of supplementation with vegetable oils, including castor oil, on milk production of ewes and on growth of their lambs. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 354–363, 2018.
- POLLI, V. A.; RESTLE, J.; SENNA, D. B.; ALMEIDA, R. S. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. Revista **Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 5, p. 987-99, 1996.
- REIS, M. J.; SANTOS, S. A.; PRATES, L. L.; DETMANN, E.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, A. C. S.; RUFINO, L. M.; MARIZ, L. D.; NERI, F.; COSTA, E. Comparing sheep and cattle to quantify internal markers in tropical feeds using in situ ruminal incubation. **Animal Feed Science and Technology**, v. 232, p. 139-147, 2017.
- RIBEIRO, R. D. X.; CARVALHO, G. G. P.; SILVA, T. M.; COSTA, J. B.; BEZERRA, L. R.; CAMBUÍ, G. B.; BARBOSA, A. M.; OLIVEIRA, R. L. Effects of crude glycerin from biodiesel on the diets of lambs: intake, digestibility, performance, feeding behavior, and serum metabolites. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 1952–1961, 2018.
- SAS - Statistical Analysis System. Version 9.4. Cary, CN, USA: SAS Institute Inc. 2009.
- SHEN, J.; CHEN, Y.; MORAES, L. E.; YU, Z.; ZHU, W. Effects of dietary protein sources and nisin on rumen fermentation, nutrient digestion, plasma metabolites, nitrogen utilization, and growth performance in growing lambs. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 1929–1938, 2018.
- SHINGFIELD, K. J.; BONNET, M.; SCOLLAN, N. D. Recent developments in altering the fatty acid composition of ruminant-derived foods. **Animal**, v. 7, p. 132–162, 2013.
- STOCKS, S. E.; ALLEN, M. S. Hypophagic effects of propionate increase with elevated hepatic acetyl coenzyme A concentration for cows in the early postpartum period. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 6, p. 3259-3268, 2012.

TORAL, P. G.; HERVÁS, G.; GÓMEZ-CORTÉS, P.; FRUTOS, P.; JUÁREZ, M.; DE LA FUENTE, M. A. Milk fatty acid profile and dairy sheep performance in response to diet supplementation with sunflower oil plus incremental levels of marine algae. **Journal of Dairy Science**, v. 93, p. 1655–1667, 2010.

VAN CLEEF, F. O. S.; EZEQUIEL, J. M. B.; D'AUREA A. P.; ALMEIDA, M. T. C.; PEREZ, H. L.; VAN CLEEF, E. H. C. B. Feeding behavior, nutrient digestibility, feedlot performance, carcass traits, and meat characteristics of crossbred lambs fed high levels of yellow grease or soybean oil. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 151–156, 2016.

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

YAIR, R.; ALLEN, M. S. The effects of fructose and phosphate infusions on dry matter intake of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 4, p. 2651-2659, 2017.

ZHAO, T.; MA, Y.; QUA, Y.; LUO, H.; LIU, K.; ZUO, Z.; LU, X. Effect of dietary oil sources on fatty acid composition of ruminal digesta and populations of specific bacteria involved in hydrogenation of 18-carbon unsaturated fatty acid in finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 126–134, 2016.

CAPITULO 2

**Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para cordeiros:
características da carcaça e qualidade da carne**

Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para cordeiros: características da carcaça e qualidade da carne

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão do óleo de soja (fonte de ácido linoléico), em dietas para cordeiros, sobre as características da carcaça e qualidade da carne de cordeiros confinados. Foram utilizados 40 cordeiros Santa Inês, não castrados, com idade média de 5 meses e peso corporal inicial de $34,88 \pm 3,19$ kg. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em cinco dietas experimentais com diferentes níveis de inclusão: 0; 30; 60; 90 e 120g/kg de óleo de soja (OS) na matéria seca (MS) da dieta total. A inclusão de OS na dieta promoveu redução no consumo de MS ($P < 0,001$), proteína bruta ($P < 0,001$) e nutrientes digestíveis totais ($P = 0,004$). O ganho de peso total ($P < 0,001$), pesos de carcaça quente ($P < 0,001$), carcaça fria ($P < 0,001$) e a espessura de gordura subcutânea ($P = 0,017$) reduziram em função OS na dieta. As características físico-químicas e centesimal da carne não foram alteradas ($P > 0,05$). A análise sensorial mostrou como características principais de avaliação à maciez e o odor. Assim, observou-se menor maciez da carne com a inclusão de 60 e 90 g/kg de OS na MS. A inclusão do OS acima de 30 g/kg da MS na dieta diminui a aceitabilidade pelo consumidor. O óleo de soja não deve ser incluído como fonte de ácido linoléico em dietas para cordeiros em confinamento.

Palavras-chave: análise sensorial, lipídios, nutrição de ruminantes, ovinos

Soybean oil, a source of linoleic acid, in diets for lambs: carcass characteristics and meat quality

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of including soybean oil (a source of linoleic acid), in diets for lambs, on carcass characteristics and meat quality of confined lambs. Forty Santa Inês lambs, uncastrated, with a mean age of 5 months and initial body weight of 34.88 ± 3.19 kg were used. The animals were distributed in a completely randomized design in five experimental diets with different levels of inclusion: 0; 30; 60; 90 and 120g/kg of soybean oil (SO) in the dry matter (DM) of the total diet. The inclusion of SO in the diet promoted a reduction in the consumption of DM ($P < 0.001$), crude protein ($P < 0.001$) and total digestible nutrients ($P = 0.004$). Total weight gain ($P < 0.001$), hot carcass weights ($P < 0.001$), cold carcass weights ($P < 0.001$) and subcutaneous fat thickness ($P = 0.017$) reduced as a function of SO in the diet. The physicochemical and proximate characteristics of the meat were not altered ($P > 0.05$). The sensory analysis showed tenderness and odor as the main evaluation characteristics. Thus, it was observed less tenderness of the meat with the inclusion of 60 and 90 g/kg of SO in the DM. The inclusion of SO above 30 g/kg DM in the diet decreases consumer acceptability. The soybean oil should not be included as a source of linoleic acid in diets for feedlot lambs.

Keywords: sensory analysis, lipids, ruminant nutrition, sheep

INTRODUÇÃO

A utilização de óleos vegetais em dietas para cordeiros proporciona vantagens, como aumento na densidade energética e a digestibilidade da dieta, não ocorrência de acidose ruminal e aumento na absorção de nutrientes lipossolúveis (Parvar et al., 2017; Parente et al., 2018).

A adição de fontes de ácido linoléico (AL), como o óleo de soja (59,08 g de AL por 100 gramas de ácidos graxos totais), em dietas para cordeiros, pode estimular a ocorrência de ampla taxa bio-hidrogenação (superior a 89%). E com isso, promover o acúmulo de ácido vacênico (trans-11 C18:1) na digesta ruminal e aumento no fluxo de ácidos graxos poliinsaturados no duodeno (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016), sem afetar a produção e os aspectos qualitativos da carne (Nascimento et al., 2021) e reduzir o seu perfil de ácidos graxos saturados (Parvar et al., 2017; Alba et al., 2021).

Por outro lado, o uso sem controle de fontes de gorduras não protegidas podem afetar negativamente o consumo de matéria seca (MS), a produção de carcaça e os parâmetros qualitativos da carne de cordeiros (Francisco et al., 2015; Lima et al., 2018; Alba et al., 2021). O aumento de ácidos graxos insaturados no perfil da carne, por exemplo, pode aumentar a taxa de oxidação lipídica e isso causar rejeição do produto pelo consumidor, pois a carne pode apresentar aspecto "rançoso" (Luo et al., 2019; Miller, 2020).

Portanto, o conhecimento do nível ideal de óleo de soja em dietas para cordeiros em confinamento poderá aumentar a densidade de energia das dietas e evitar a ocorrência dos efeitos negativos do óleo sobre a produção e os aspectos qualitativos da carne.

Assim, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos de níveis de óleo de soja (fonte de ácido linoléico), em dietas para cordeiros confinados, sobre a produção e os aspectos qualitativos da carne.

MATERIAL E MÉTODOS

Local do experimento

O experimento foi realizado na Fazenda experimental da Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos, Bahia, Brasil, a 12° 23' 57.51" na latitude Sul e 38° 52' 44.66" na longitude Oeste.

Todos os procedimentos com os animais foram realizados mediante autorização da Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, sob o protocolo nº 72/2018.

Animais, dietas e design experimental

Foram utilizados 40 cordeiros Santa Inês, machos não castrados, com idade média de 5 meses e peso corporal inicial (PCi) de $34,88 \pm 3,19$ kg (média \pm Desvio padrão). Os animais foram alojados em baias individuais de 1,2 m², cobertas, suspensas e com piso ripado de madeira, providas de bebedouros e comedouros com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais. No início do experimento os cordeiros foram identificados, submetidos ao controle de endoparasitos e ectoparasitos, imunizados com vacina polivalente contra clostridioses, e suplementados com vitaminas A, D e E por via intramuscular. Imediatamente, as dietas experimentais foram distribuídas entre os cordeiros seguindo um delineamento inteiramente casualizado.

A duração total do experimento foi de 55 dias, dos quais 15 foram destinados a um período de adaptação dos animais ao ambiente e dietas e 40 dias para coleta de dados denominados período experimental. Durante o período de adaptação, o óleo de soja foi incluído gradualmente nas dietas. No início do período experimental, 16º dia, os animais foram pesados após jejum de 16 horas, obtendo o peso inicial.

As dietas foram fornecidas em duas refeições diárias, 50% às 8h00 e 50% às 16h00, de forma a permitir entre 10 e 20 % de sobras. As dietas experimentais foram compostas por silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*) com partículas médias de 5 cm como fonte volumosa e concentrado, constituído de farelo de soja, milho moído, óleo de soja, ureia e suplemento mineral comercial específico para ovinos (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Item	Ingredientes			
	Silagem de sorgo	Farelo de soja	Milho moído	Óleo de soja
Composição bromatológica (g/kg de MS)				
Matéria seca (g/kg de MN)	355,9	901,1	853,3	1000,0
Matéria mineral	32,2	66,1	13,2	-
Proteína bruta	74,7	481,4	88,3	-
Extrato etéreo	22,5	23,7	41,5	999,0
FDN _{cp} ¹	516,2	140,1	111,1	-
FDA _{cp} ²	277,0	75,4	25,4	-
Hemicelulose	239,2	64,7	85,7	-
Celulose	234,3	70,0	20,6	-
Lignina	42,7	5,4	4,8	-
FDN indigestível	168,5	18,8	12,4	-
CNF ³	354,4	288,7	745,9	-
NDT ⁴	715,6	794,6	830,7	1969,6
EM (Mcal/kg) ⁵	2,6	3,5	3,2	7,7
PIDN (g/kg de PB) ⁶	168,3	39,4	115,1	-
PIDA (g/kg de PB) ⁷	63,2	2,9	17,7	-
Perfil de ácidos graxos (g/100g)				
C8:0	0,01	0,01	0,01	0,01
C10:0	0,00	0,08	0,08	0,06
C12:0	0,04	0,10	0,11	0,09
C14:0	0,14	0,97	0,85	0,47
C16:0	1,30	6,76	7,31	14,25
C16:1	0,06	0,23	0,15	0,20
C18:0	0,73	1,82	1,40	4,52
C18:1 n-9	1,02	7,26	14,53	22,91
C18:2 n-6	0,86	17,98	22,32	59,08
C18:3 n-3	0,46	2,17	0,62	6,75

¹Fibra em detergente neutro; ²Fibra em detergente ácido; ³Carboidratos não fibrosos; ⁴Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações de Cruz et al. (2021); ⁵Energia Metabolizável estimada pelas equações do NRC (2001); ⁶Proteína insolúvel em detergente neutro; e ⁷Proteína insolúvel em detergente ácido.

As dietas experimentais possuíam cinco níveis de inclusão (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg) de óleo de soja na matéria seca da dieta total (Tabela 2), sendo formuladas segundo as recomendações do National Research Council (NRC, 2007) com o objetivo de atender as exigências para cordeiros com ganho de peso médio diário de 200g por dia. As dietas foram preparadas diariamente para evitar a rancificação do óleo de soja.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes, composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)				
	0	30	60	90	120
Ingredientes (g/kg de MS¹)					
Silagem de sorgo	400	400	400	400	400
Farelo de soja	116	120	124	128	133
Milho moído	461	427	393	359	324
Óleo de soja	0	30	60	90	120
Ureia	8	8	8	8	8
*Suplemento mineral	15	15	15	15	15
Composição bromatológica (g/kg de MS)					
Matéria Seca (g/kg de MN)	663,3	667,8	672,4	677,0	681,7
Matéria mineral	41,6	41,5	41,3	41,1	41,0
Proteína bruta	148,9	147,9	146,8	145,7	145,0
Extrato etéreo	30,9	59,6	88,2	116,9	145,5
FDN _{cp} ²	273,9	270,7	267,5	264,3	261,1
FDA _{cp} ³	131,2	130,7	130,1	129,6	129,0
Hemicelulose	142,7	140,0	137,4	134,7	132,0
Celulose	111,3	110,9	110,5	110,1	109,7
Lignina	19,9	19,8	19,6	19,5	19,4
FDN indigestível	75,3	75,0	74,6	74,3	73,9
CNF ⁴	519,1	494,9	470,7	446,6	421,9
NDT ⁵	754,7	774,7	794,6	814,6	834,5
EM (Mcal kg ⁻¹) ⁶	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7
PIDN (g/kg de PB) ⁷	80,0	78,8	77,5	76,2	74,8
PIDA (g/kg de PB) ⁸	18,6	18,4	18,3	18,1	17,8
Perfil de ácidos graxos (g/100g)					
C8:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C10:0	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
C12:0	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
C14:0	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
C16:0	4,67	4,88	5,09	5,29	5,50
C16:1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
C18:0	1,15	1,24	1,34	1,43	1,53
C18:1 n-9	7,95	8,17	8,40	8,62	8,83
C18:2 n-6	12,72	13,81	14,89	15,98	17,06
C18:3 n-3	0,72	0,91	1,10	1,29	1,48

*Níveis de garantia (por kg de elementos ativos): Cálcio - 110,00g, Fósforo - 87,00g, Enxofre - 18,00g, Cobre - 590,00 mg, Cobalto - 15,00 mg, Sódio - 147g, Cromo - 20,00 mg, Iodo - 50,00 mg, Manganês - 2,00g, Selênio - 20,00 mg, Zinco - 3,80g, e Flúor (máx.) - 870,00 mg, Molibidênio - 300mg.; ¹Matéria seca; ²Fibra em detergente neutro; ³Fibra em detergente ácido; ⁴Carboidratos não fibrosos; ⁵Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações de Cruz et al. (2021); ⁶Energia Metabolizável estimada pelas equações do NRC (2001); ⁷Proteína insolúvel em detergente neutro; e ⁸Proteína insolúvel em detergente ácido.

Análises laboratoriais

Durante o período experimental, amostras dos ingredientes, dietas e sobras foram coletadas e armazenadas a -20 °C. Posteriormente, pré-secas em estufa com circulação de ar forçada a 55° C, por 72 horas, sendo, em seguida, moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de um mm. Foram determinados os teores de MS (método 934.01), cinzas (método 930.05), proteína bruta (PB; método 981.10) e extrato etéreo (EE; método 920.39) de acordo aos métodos da Association of Analytical Chemists - AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) corrigidos para cinzas e proteína (FDNcp e FDAcp, respectivamente) foram determinados segundo Mertens (2002) e Licitra et al. (1996). A lignina foi determinada de acordo com o método 973.18 (AOAC, 2006), sendo o resíduo da FDA tratado com solução de ácido sulfúrico a 72%. A hemicelulose e a celulose foram obtidas por meio da diferença entre FDN e FDA, e FDA e Lignina, respectivamente. Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) foram determinados conforme Licitra et al. (1996).

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) das dietas foram calculados de acordo com Hall (2000). Para estimação dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram utilizadas as equações para pequenos ruminantes proposta por Cruz et al. (2021). As energias digestível (ED) e metabolizável (EM) foram calculadas seguindo as recomendações do NRC (2001).

As amostras de ingredientes para análises de perfil de ácidos graxos foram liofilizadas e moídas uniformemente por 10 a 15 segundos em temperatura ambiente em moedor de grãos de café. A extração e metilação das amostras foi realizada através da síntese direta de esteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) (O’Fallon et al., 2007).

A composição dos ácidos graxos dos EMAG foram identificados e quantificados usando um cromatógrafo de gás (CGFOCUS com injeção dividida) equipado com uma coluna capilar SPTM-2560 (100 m × 0,25 mm i.d. com espessura de filme de 0,02 µm; Supelco) e detector de ionização de chama (Thermo Scientific Inc.). As temperaturas do detector e do injetor foram fixadas em 250 ° C, com proporção de divisão de 15:1.

A temperatura inicial do forno foi de 70 °C mantida por 4 min, subsequentemente aumentada em 13 °C/min para 175 °C, mantida por 27 min, e posteriormente aumentada em 4 °C/min até 215 °C, mantida por 31 min (Kramer et al.,

1997). Os ácidos graxos foram identificados comparando seus tempos de retenção com o padrão interno C19:0 (189-19 Sigma Aldrich; 10 mg de C19:0 / ml MeOH).

Abate e características de carcaça

No último dia do período experimental, após jejum de 16 horas, foi obtido o peso corporal final (PCF) dos animais e o ganho de peso total ($GPT = PCF - PCi$), e em seguida, encaminhados para um frigorífico comercial, localizado no município de Feira de Santana, Bahia.

No momento do abate, os animais foram insensibilizados por pistola pneumática, seguido de sangria, esfolagem e evisceração, respeitando os procedimentos de manejo e abate humanitário de animais (FAO, 2001). Após o abate, aos 45 minutos ($pH_{inicial}$), e após o resfriamento da carcaça, 24 horas ($pH_{ultimate}$), mediu-se em triplicata nos músculos Longissimus lumborum pH, por meio de pHgêmetro digital tipo espeto HANNA modelo HI 99163, acoplado a um eletrodo de penetração.

Terminado o abate, as carcaças foram pesadas obtendo-se o peso (PCQ) e rendimento da carcaça quente ($RCQ = PCQ/PCF*100$). Imediatamente, as carcaças foram transferidas para câmara frigorífica à temperatura de 4 °C, onde permaneceram por 24 horas, penduradas pelos tendões do músculo Gastrocnemius em ganchos apropriados. Após esse tempo foram pesadas novamente para obtenção do peso (PCF) e rendimento da carcaça fria ($RCF = (PCF/PCF)*100$).

Após esse período foi avaliado de forma visual (subjetiva) a conformação, acabamento e engorduramento da carcaça, e na sequência, as medidas morfométricas: comprimento interno e externo da carcaça; circunferência da perna; largura do tórax, peito e garupa; profundidade de tórax; e perímetro do tórax e garupa. As medidas de comprimento e perímetro foram tomadas utilizando-se fita métrica, e as de largura e profundidade com auxílio de um hipômetro manual.

A determinação da área de olho-de-lombo (AOL) foi realizada a partir de um corte transversal entre a 12ª e 13ª vértebra torácica, efetuando-se em transparência plástica o desenho da área, em correspondência com a porção cranial do lombo, estabelecendo-se as seguintes medidas: O comprimento (A) e a profundidade máxima (B) do músculo Longissimus lumborum, medidas com auxílio de régua e a área foi calculada a partir da fórmula da elipse: $AOL = (A/2*B/2) \pi$, proposta por Silva

Sobrinho et al. (2003). A espessura de gordura subcutânea (EGS) na carcaça foi medida com auxílio de paquímetro digital a $\frac{3}{4}$ de distância a partir do lado medial do músculo Longissimus, para o lado da apófise espinhosa. Foi realizada também a avaliação visual de marmoreio, em uma escala de 0 a 5, de acordo com a metodologia descrita por César e Souza (2007).

Os lombos, direito e esquerdo, de cada animal foram embalados, identificados e congelados em freezer (-20°C) para posteriores análises.

Qualidade de carne

Os lombos foram descongelados dentro dos sacos plásticos, a 10 °C por 12 horas, dissecados com o auxílio de bisturi e, em seguida, no lombo direito foi determinada a cor utilizando colorímetro Minolta CR-400, por meio do sistema CIELAB L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho) e b* (intensidade de amarelo), calibrado para um padrão branco. A coloração da carne foi determinada em suas partes internas, cinco minutos após o corte, de acordo com Miltenburg et al. (1992).

Para determinação da perda de peso por cocção (PPC), as amostras foram pesadas e submetidas ao cozimento em forno industrial pré-aquecido a 170 °C, até a temperatura interna, no centro geométrico das amostras, atingirem 71 °C, medida com auxílio de um termopar, equipado com leitor digital, quando então foram retiradas do forno e pesadas novamente para o cálculo em porcentagem. Em seguida, para determinação da maciez da carne por meio da força de cisalhamento, as amostras cozidas foram cortadas em cubos de 25 mm x 25 mm, em triplicata, e submetidas ao corte no sentido transversal das fibras musculares utilizando texturômetro equipado com uma lâmina tipo Warner-Bratzler, conforme a metodologia de Wheeler et al. (1995).

Para a avaliação da composição centesimal, amostras do músculo Longissimus lumborum foram liofilizadas por 72 horas e, posteriormente, moídas para a obtenção das amostras laboratoriais. Nessas amostras foram determinadas a composição centesimal das carnes em umidade, cinzas, proteína e gordura (AOAC, 2000).

Na análise sensorial, as amostras do músculo Longissimus lumborum foram assadas em grill elétrico (George Foreman Grill Jumbo GBZ6BW) até o seu centro geométrico atingir 75 °C, medido por termômetro digital. Em seguida as amostras foram

embaladas em papel alumínio e mantidas em banho-maria a 75°C, para preservar a temperatura e os compostos aromáticos voláteis das carnes. Posteriormente, foram cortadas em cubos e servidas a cada julgador não treinado em cabines individuais, e em recipientes plásticos com tampa codificadas com três dígitos aleatórios. Junto às amostras, foi disponibilizado aos provadores água e biscoito tipo cream cracker, para consumo entre as degustações das mostras, e uma ficha de avaliação sensorial.

82 provadores não treinados, 40 mulheres e 42 homens, com faixa etária entre 18 e 62 anos, consumidores de carne ovina, mediante concordância com o termo de consentimento livre e esclarecido, avaliaram os seguintes atributos: sabor, maciez, suculência, odor e aceitação global, numa escala hedônica não estruturada de nove pontos que consistiram em:

- (1) desgostei muitíssimo,
- (2) desgostei muito,
- (3) desgostei regularmente,
- (4) desgostei ligeiramente,
- (5) indiferente,
- (6) gostei ligeiramente,
- (7) gostei regularmente,
- (8) gostei muito e
- (9) gostei muitíssimo

Em seguida, ordenavam as amostras por preferência para os atributos odor e sabor (AMSA, 2015).

Análise estatística

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com cinco dietas (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg de óleo de soja) e oito repetições (animais). Utilizou-se o comando PROC MIXED do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 9.2) e os resultados submetidos à análise de variância, bem como os efeitos do óleo de soja, nas dietas, estudados por meio de contrastes polinomiais linear e quadrático, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade. O peso corporal inicial foi utilizado no modelo estatístico como covariável quando significativo. Os dados foram analisados usando o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta (X_{ij} - X) + \varepsilon_{ij}$$

Y_{ij} = valor observado da variável dependente; μ = média geral; α_i = efeito do tratamento i ($i = 1$ a 5), β = efeito da covariável (X_{ij} = valor observado da covariável; X = média da covariável) e ε_{ij} = o erro residual.

Os valores das notas obtidas na análise sensorial constituíram um conjunto de dados multivariados padronizados que foram dispostos em uma matriz (410 x 6) e interpretados utilizando-se Análise de Componentes Principais. Para a realização da análise foi empregado o programa Statistical Analysis System – SAS versão 9.2 (SAS, 2009) utilizando os dados centrados na média.

RESULTADOS

Consumo de nutrientes e características de carcaça

O consumo total de MS ($P < 0,001$), PB ($P < 0,001$) e NDT ($P = 0,004$) diminuiram em razão de 0,15, 0,03 e 0,06, respectivamente, a cada 1 g/kg de inclusão de OS na MS das dietas (Tabela 3). O PCF ($P < 0,001$), o GPT ($P < 0,001$), pesos de carcaça quente ($P < 0,001$) e fria ($P < 0,001$) diminuiram com a inclusão de OS na MS das dietas.

A espessura de gordura subcutânea (EGS) foi reduzida ($P = 0,017$) em 0,0168 mm a cada 1 g/kg de inclusão de OS na MS das dietas. A inclusão de OS promoveu redução ($P = 0,003$) do acabamento das carcaças de 0,003 pontos na avaliação a cada 1 g/kg de inclusão de OS nas dietas. As medidas morfométricas circunferência de perna ($P = 0,025$), largura do tórax ($P = 0,033$), largura do peito ($P = 0,004$) e largura da garupa ($P = 0,010$) também reduziram.

Tabela 3 - Consumo de frações nutricionais, medidas quantitativas, subjetivas e morfométricas da carcaça de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.

Item	Nível de óleo de soja, g/kg					EPM	Valor – P*	
	0	30	60	90	120		L ¹	Q ²
Consumo total, kg								
Matéria seca ³	51,2	43,7	39,1	38,7	31,3	1,69	<0,001	0,504
Proteína Bruta ⁴	7,9	6,8	6,3	5,9	4,6	0,30	<0,001	0,782
NDT ⁵	37,4	34,0	34,4	30,9	30,6	1,66	0,004	0,731
Peso, kg								
Corporal final ⁶	44,7	43,4	42,2	40,6	36,3	1,35	<0,001	0,219
Ganho total ⁷	9,3	8,1	7,6	5,5	3,1	0,66	<0,001	0,105
Carcaça quente ⁸	20,1	19,6	19,0	18,3	16,2	0,65	<0,001	0,168
Carcaça fria ⁹	20,0	19,5	18,9	18,2	16,1	0,64	<0,001	0,163
Músculo <i>Longissimus lumborum</i>								
EGS, mm ¹⁰	6,6	6,1	3,8	5,4	4,4	0,64	0,017	0,237
AOL, cm ^{2 11}	14,3	15,4	16,4	16,5	14,6	0,95	0,582	0,057
Rendimento, %								
Carcaça quente	45,0	45,0	45,1	45,0	44,5	0,75	0,710	0,647
Carcaça fria	44,8	44,8	45,0	44,8	44,3	0,75	0,693	0,646
Medidas subjetivas								
Conformação, 1-5	2,8	2,6	2,5	2,5	2,5	0,11	0,086	0,190
Acabamento, 1-5 ¹²	2,4	2,7	2,3	2,3	2,2	0,09	0,003	0,236
Engorduramento, 1-3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	0,00	0,281	0,647
Marmoreio, 1-5	2,1	3,0	2,5	2,3	2,5	0,24	0,999	0,277
Medidas morfométricas, cm								
Comprimento externo	62,8	60,3	63,3	61,3	60,0	0,85	0,103	0,437
Comprimento interno	60,4	58,1	58,4	57,1	57,9	1,00	0,066	0,238
Comprimento perna	34,6	34,4	34,4	34,6	33,5	0,60	0,301	0,510
Circunf. de perna ¹³	37,8	39,1	37,3	36,9	35,6	0,88	0,025	0,262
Largura do tórax ¹⁴	24,0	24,1	23,9	23,6	22,1	0,61	0,033	0,160
Largura do peito ¹⁵	22,4	21,5	21,3	20,3	20,0	0,61	0,004	0,827
Largura da garupa ¹⁶	23,3	23,1	23,4	22,6	21,3	0,52	0,010	0,081
Profundidade do tórax	27,4	27,1	27,3	27,4	25,8	0,52	0,077	0,166
Perímetro do tórax	77,0	77,1	76,6	77,8	73,6	1,04	0,072	0,087
Perímetro da garupa	58,0	60,9	58,3	58,5	55,9	1,36	0,133	0,120

¹Erro padrão da média; ¹Linear; ²Quadrático; ³ $\hat{Y}CTMS = 49,7962 \pm 1,3351 - 0,1503 \pm 0,0182 * OS$, $R^2 = 0,94$; ⁴ $\hat{Y}CTPB = 7,8115 - 0,0253 * OS$, $R^2 = 0,96$; ⁵Nutrientes digestíveis totais: $\hat{Y}CTNDT = 36,8532 - 0,05608 * OS$, $R^2 = 0,89$; ⁶ $\hat{Y}PCf = 45,37 - 0,0656 * OS$, $R^2 = 0,91$; ⁷ $\hat{Y}GPT = 9,68 - 0,0500 * OS$, $R^2 = 0,94$; ⁸ $\hat{Y}PCQ = 20,45 - 0,0305 * OS$, $R^2 = 0,89$; ⁹ $\hat{Y}PCF = 20,36 - 0,0304 * OS$, $R^2 = 0,89$; ¹⁰Espessura de gordura subcutânea: $\hat{Y}EGS = 6,28 - 0,0168 * OS$, $R^2 = 0,49$; ¹¹Área de olho de lombo; ¹² $\hat{Y} = 2,56 - 0,003 * OS$, $R^2 = 0,59$; ¹³Circunferência de Perna: $\hat{Y} = 38,625 - 0,0217 * OS$, $R^2 = 0,65$; ¹⁴ $\hat{Y} = 24,4 - 0,0142 * OS$, $R^2 = 0,67$; ¹⁵ $\hat{Y} = 22,275 - 0,02 * OS$, $R^2 = 0,96$; ¹⁶ $\hat{Y} = 23,625 - 0,015 * OS$, $R^2 = 0,66$. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

Características físico-químicas e composição centesimal

O pH da carne 24 horas após o abate aumentou ($P = 0,018$) com a inclusão de OS na dieta (Tabela 4). Entretanto, houve redução no índice de luminosidade ($P = 0,043$) e

no índice de vermelho ($P=0,006$). Não houve mudanças ($P >0,05$) nos demais parâmetros de cor (b^*), PPC, FC e composição centesimal da carne.

Tabela 4 - Características qualitativas da carne de cordeiros confinados alimentados com dietas contendo óleo de soja.

Item	Nível de óleo de soja, g/kg					EPM	Valor - P*	
	0	30	60	90	120		L ¹	Q ²
pH								
CQ, 45 min. ³	7,0	6,8	7,0	6,8	6,8	0,13	0,269	0,954
CF, 24 horas ⁴	5,8	5,8	5,9	5,9	5,9	0,06	0,018	0,898
Cor								
L* ⁵	41,3	39,7	40,9	39,8	37,9	1,02	0,043	0,466
a* ⁶	22,0	21,4	21,7	21,4	20,2	0,41	0,006	0,249
b* ⁷	6,7	6,2	6,9	6,8	5,8	0,38	0,323	0,230
PPC, % ⁸	20,8	22,5	21,0	21,9	19,6	2,60	0,709	0,567
FC, kgf/cm ²⁹	3,9	4,2	3,4	4,5	3,1	0,37	0,380	0,324
Composição centesimal, %								
Umidade	72,3	71,5	71,6	71,9	72,5	0,43	0,476	0,063
Cinzas	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	0,01	0,075	0,181
Proteína	21,3	21,2	21,5	21,7	21,5	0,31	0,389	0,887
Gordura	3,3	4,2	3,8	3,6	3,2	0,34	0,365	0,083

¹Linear; ²Quadrático; ³Carcça quente; ⁴Carcça fria: $\hat{Y} = 5,745 + 0,0442 * OS$, $R^2 = 0,96$; ⁵Índice de Luminosidade: $\hat{Y} = 41,27 - 0,0224 * OS$, $R^2 = 0,64$; ⁶Índice de vermelho: $\hat{Y} = 22,0878 - 0,0127 * OS$, $R^2 = 0,71$; ⁷Índice de amarelo; ⁸Perdas por cocção; ⁹ Força de cisalhamento. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

Perfil sensorial

A avaliação da divergência do perfil sensorial da carne de cordeiros confinados alimentadas com dietas com óleo de soja foi baseada nos dois primeiros componentes principais (CP), os quais explicaram 93,75% da variação total da análise sensorial (Tabela 5). Assim, o primeiro CP, representado pela maciez da carne, mostrou que as carnes dos animais alimentados com as dietas 60 e 90 g/kg de inclusão de OS na dieta apresentaram menor maciez. O segundo CP, representado pelo odor, indicou que com a inclusão do OS acima de 30g/kg da MS na dieta diminui a aceitabilidade pelo consumidor.

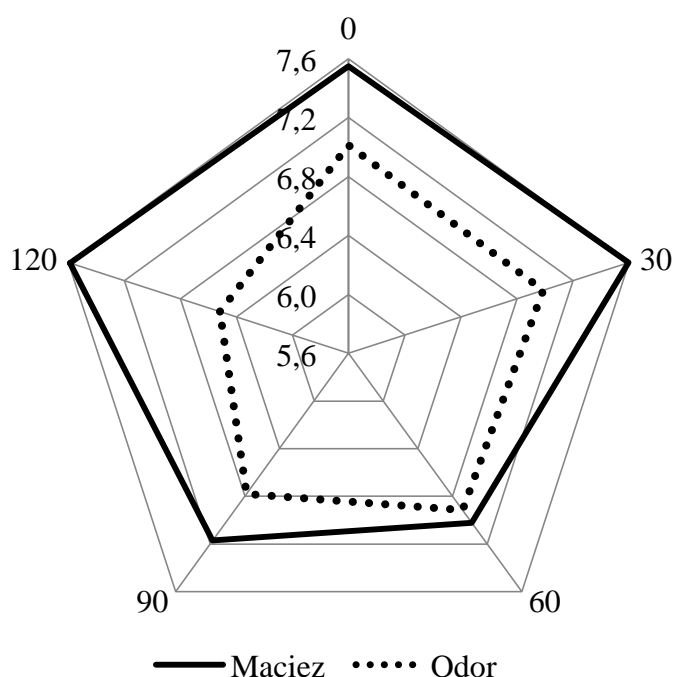
Tabela 5 - Componentes principais da análise de variáveis relacionadas a avaliação sensorial do músculo *Longissimus lumborum* de cordeiros confinados alimentados com dietas com óleo de soja.

CP	λ_i	PV (%)	PA (%)	Coeficientes de ponderação das variáveis				
				Sabor	Maciez	Suculência	Odor	Aceitação global
CP ₁	0,2036	74,72	74,72	0,463	0,558	0,494	0,046	0,478
CP ₂	0,0518	19,03	93,75	0,270	-0,308	-0,229	0,846	0,253
CP ₃	0,0160	5,90	99,65	-0,733	0,480	0,142	0,459	-0,041
CP ₄	0,0009	0,30	100,00	0,368	0,577	-0,521	0,101	-0,500
CP ₅	0,0000	0,00	100,00	0,200	-0,177	0,641	0,247	-0,676

λ_i = autovalores; CP_i = componentes principais; PV = Proporção da variância; PA = Proporção acumulada.

A discriminação da adição de óleo de soja sobre o perfil sensorial da carne, foram plotados (Figura 1) em dois componentes principais (PC1 e PC2). Na qual, a carne dos cordeiros alimentados com dietas contendo 0, 30 e 120 g/kg de inclusão de OS foram localizadas no extremo positivo para o PC1 (Maciez), obtendo maiores notas médias pelos provadores (7,6), enquanto que a carne das dietas com 60 e 90 g/kg de inclusão de OS, foram distribuídas no extremo negativo do PC1 obtendo menores notas médias dos provadores (7,0).

Figura 1 - Descrição dos dois primeiros componentes principais (CPI), representados pelas variáveis maciez e odor, na avaliação de aceitabilidade da carne.



DISCUSSÃO

Consumo de nutrientes e características de carcaça

As evidências encontradas no presente estudo como redução na EGS e do acabamento das carcaças, sem alterações nos valores de gordura renal e marmoreio da carne, indicam que os ácidos graxos presentes na dieta foram prioritariamente beta-oxidados (De Souza et al., 2017), para sustentar a performance dos cordeiros. Pois os animais apresentaram menor escala de armazenados de gordura na carcaça. A redução do consumo total de MS com a inclusão de OS é condizente com a teoria da oxidação hepática, na qual os ácidos graxos promovem efeitos hipofágicos (Allen et al., 2009).

A redução no consumo de PB e NDT foram influenciadas pelo consumo de MS, e isso afetou diretamente o GPT e o PFC dos cordeiros, que resultou em menores pesos de carcaça quente e fria com a inclusão de OS na dieta dos cordeiros. Além disso, a redução no consumo de PB e NDT podem ter afetado a deposição de proteína muscular, o que resultou em redução nas medidas morfométricas da carcaça: circunferência de perna, largura do tórax, largura do peito e largura da garupa.

Características físico-químicas e composição centesimal

O pH da carne 24 horas após o abate estava próximo dos valores aceitáveis, entre 5,4 e 5,8 (Puolanne, 2017). O aumento no aporte de gordura na dieta dos cordeiros em detrimento a CNF (Tabela 2), provavelmente resultou em redução no suprimento de fontes intermediárias da gliconeogênese e menor deposição de glicogênio muscular, que convertido em ácido lático resulta em redução no pH da carne (Ponnampalam et al., 2017). Os valores médios de pH final obtidos no presente trabalho foram 5,86. A obtenção de valores de pH final (ultimate pH) da carne inferior a 6 demonstra adequado manejo pré-abate, além de apresentarem menor risco microbiológico durante o período de armazenamento (Shange et al., 2018).

Embora os valores encontrados para L^* (36,1 - 42,0) e a^* (14,2 - 22,7) estejam dentro da faixa de valores relatados para a carne de cordeiros suplementados com óleos vegetais (Sánchez et al., 2018; Parente et al., 2020; Alba et al., 2021). A produção de carne de cordeiros menos vermelha e menos brilhante à medida que a fonte de AL foi incluída na dieta, pode indicar que aumento no pH final resultou em aumento na capacidade de retenção de água, tornando a carne mais pálida (Nascimento et al., 2021).

Esses parâmetros precisam ser melhor estudados, pois são utilizados pelos consumidores como indicativos de frescor e qualidade da carne de cordeiro (Calnan et al., 2014).

A quantidade de gordura intramuscular (marmoreio) exerce influência sobre os parâmetros de qualidade de carne como PPC, maciez e suculência (Luo et al., 2019; Pewan et al., 2020) e isso explica assim a semelhança dos valores destes parâmetros. A carne de cordeiro pode ser considerada extremamente macia quando o valor de FC for inferior a 3,4 kgf/cm² (Souza et al., 2016). A carne dos cordeiros no presente estudo pode ser considerada macia por apresentar valores próximos ao valor desejável, 3,82 kgf/cm².

Os valores médios da composição centesimal foram próximos aos valores apresentados para a carne de cordeiros, 71 a 76% de umidade, 0,9 a 1,3% de cinzas, 2,2 a 4,4% de gordura e 20 a 25% de proteína (Van Cleef et al., 2016; Campos et al., 2017; Souza et al., 2018; Alba et al., 2021). Portanto, embora a inclusão dietética de OS tenha provocado mudanças no consumo de componentes nutricionais, não foi suficiente para alterar a composição centesimal da carne.

Perfil sensorial

A análise de CP permitiu determinar quais variáveis são as mais representativas e que explicam a variação total de dados do perfil sensorial da carne (Campos et al., 2017; Da Silva et al., 2021). A discriminação dos componentes principais indica que a maciez e o odor são características da carne que são mais importantes na escolha do potencial consumidor.

Embora não se tenha detectado diferenças significativas no marmoreio, FC e teor de gordura da carne, esse fatores são atribuídos ao aumento da maciez da carne de cordeiro (Pannier et al., 2018). As amostras 0, 30 e 120 g/kg de inclusão de OS apresentaram valores superiores de notas atribuídas à maciez pelos provadores, em detrimento às amostras 60 e 90 g/kg de inclusão da fonte de AL (Figura 1).

Este resultado foi contrastante, pois a maior presença de ácidos graxos insaturados (AGI) em relação à ácidos graxos saturados de cadeia longa (AGSCL) na carne de cordeiros suplementados com AL em relação à dietas sem adição de gordura (Parvar et al., 2017; Alba et al., 2021), pode resultar em aumento da suculência e na

sensação de maciez pelos consumidores da carne, devido ao menor ponto de fusão dos AGI durante a cocção (Pannier et al., 2018; Pewan et al., 2020).

Houve menor aceitabilidade do odor da carne dos cordeiros que consumiram dietas com níveis de OS acima de 60 g/kg de inclusão da fonte de AL na dieta. Provavelmente, o acúmulo de ácidos graxos insaturados e poli-insaturados na carne de cordeiros alimentados com óleos vegetais (Francisco et al., 2015; Parvar et al., 2017; Parente et al., 2020; Alba et al., 2021), promoveram aumento do potencial de oxidação dos mesmos, e isso resultou em sabor "rançoso" (Luo et al., 2019; Miller, 2020), sendo rejeitados pelos consumidores.

CONCLUSÃO

O óleo de soja não deve ser incluído como fonte de ácido linoléico em dietas para cordeiros em confinamento. No entanto, mais estudos são necessários quanto ao potencial de utilização de fontes de AL na dieta de cordeiros sobre a produção e os aspectos qualitativos da carne.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA, H. D. R.; DE FREITAS JÚNIOR, J. E.; LEITE, L. C.; AZEVÊDO, J. A. G.; SANTOS, S. A.; PINA, D. S.; CIRNE, L. G. A.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, W. P.; LIMA, V. G. O.; TOSTO, M. S. L.; DE CARVALHO, G. G. P. Protected or Unprotected Fat Addition for Feedlot Lambs: Feeding Behavior, Carcass Traits, and Meat Quality. **Animals**, v. 11, p. 328, 2021.

ALLEN, M. S; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3317–3334. 2009.

AMSA- American Meat Science Association. **Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat**. 2º ed. Champaign, Illinois, USA: AMSA, 2015.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 15^a ed. Arlington: AOAC, 1990. 1018 p.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 17^a ed. Gaithersburgs, Maryland: AOAC, 2000.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18^a ed. Gaithersburgs, Maryland: AOAC, 2006.

CALNAN, H. B.; JACOB, R. H.; PETHICK, D. W.; GARDNER, G. E. Factors affecting the colour of lamb meat from the longissimus muscle during display: The influence of muscle weight and muscle oxidative capacity. **Meat Science**, v. 96, p. 1049–1057, 2014.

CAMPOS, F. S.; CARVALHO, G. G. P.; SANTOS, E. M.; ARAÚJO, G. G. L.; GOIS, G. C.; REBOUÇAS, R. A.; LEÃO, A. G.; SANTOS, S. A.; OLIVEIRA, J. S.; LEITE, L. C.; ARAÚJO, M. L. G. M. L.; CIRNE, L. G. A.; SILVA, R. R.; CARVALHO, B. M. A. 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.

CÉZAR, M.F.; SOUSA, W.H. **Carcaças ovinas e caprinas: obtenção, avaliação e classificação**. Uberaba: Agropecuária Tropical, 2007.

CRUZ, C. H.; SANTOS, S. A.; CARVALHO, G. G. P.; AZEVEDO, J. A. G.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; MARIZ, L. D. S.; PEREIRA, E. S.; NICORY, I. M.C.; TOSTO, M. S. L.; ALBA, H. D. R. Estimating digestible nutrients in diets for small ruminants fed with tropical forages. **Livestock Science**, v. 249, p. 104532, 2021.

DA SILVA, L. O.; CARVALHO, G. G. P.; TOSTO, M. S. L.; LIMA, V. G. O.; CIRNE, L. G. A.; DE ARAÚJO, M. L. G. M. L.; PINA, D. S.; LEITE, V. M.; RODRIGUES, C. S.; MESQUITA, B. M. A. C. Effects of palm kernel cake in high-concentrate diets on carcass traits and meat quality of feedlot goats. **Livestock Science**, v. 246, p. 104456, 2020.

DE SOUZA, J.; BATISTEL, F.; SANTOS, F.A.P. Effect of sources of calcium salts of fatty acids on production, nutrient digestibility, energy balance, and carryover effects of early lactation grazing dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 1072–1085, 2017.

FAO - Food and Agriculture Organization. **Guidelines for humane handling, transport and slaughter of livestock**. 2001. Disponível em: <http://www.fao.org/3/a-x6909e.pdf>. Acesso em: 23 de março de 2020.

FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GENTIL, R. S.; PARENTE, M. O. M.; NOLLI, C. P.; MENEGHINI, R. C. M.; MENDES, C. Q.; RIBEIRO, C. V. D. M. Growth, feed intake, carcass characteristics, and meat fatty acid profile of lambs fed soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 187, p. 9–18, 2016.

FRANCISCO, A.; DENTINHO, M. T.; ALVES, S. P.; PORTUGAL, P. V.; FERNANDES, F.; SENGO, S.; JERÓNIMO, E.; OLIVEIRA, M. A.; COSTA, P.; SEQUEIRA, A.; BESSA, R. J. B.; SANTOS-SILVA, J. Growth performance, carcass and meat quality of lambs supplemented with increasing levels of a tanniferous bush (*Cistus ladanifer L.*) and vegetable oils. **Meat Science**, v. 100, p. 275–282, 2015.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000.

KRAMER, J. K. C.; FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R.; SAUDER, F. D.; MOSSOBA, M. M.; YURAWECZ, M. P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

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

LIMA, A. G. V. O.; SILVA, T. M.; BEZERRA, L. R.; PEREIRA, E. S.; BARBOSA, A. M.; RIBEIRO, R. D. X.; ROCHA, T. C.; TRAJANO, J. S.; OLIVEIRA, R. L. Intake, digestibility, nitrogen balance, performance and carcass traits of Santa Ines lamb fed

with sunflower cake from biodiesel production. **Small Ruminant Research**, v. 168, p. 19–24, 2018.

LUO, Y.; WANG B.; LIU, C.; SU, R.; HOU, Y.; YAO, D.; ZHAO, L.; SU, L.; JIN, Y. Meat quality, fatty acids, volatile compounds, and antioxidant properties of lambs fed pasture versus mixed diet. **Food Science & Nutrition**, v. 7, p. 2796–2805, 2019.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MILLER, R. Drivers of consumer liking for beef, Pork, and Lamb: A Review. **Foods**, v. 9, p. 428, 2020.

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

NASCIMENTO, C. O.; PINA, D. S.; CIRNE, L. G. A.; SANTOS, S. A.; ARAÚJO, M. L. G. M. L.; RODRIGUES, T. C. G. C.; SILVA, W. P.; SOUZA, M. N. S.; ALBA, H. D. R.; CARVALHO, G. G. P. Effects of whole corn germ, a source of linoleic acid, on carcass characteristics and meat quality of feedlot lambs. **Animals**, v. 11, p. 267, 2021.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7^a ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 405 p.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007. 384 p.

O'FALLON, J. V.; BUSBOOM, J. R.; NELSON, M. L.; GASKINS, C. T. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1511-1521, 2007.

PANNIER, L.; GARDNER, G. E.; O'REILLY, R. A.; PETHICK, D. W. Factors affecting lamb eating quality and the potential for their integration into an MSA sheep meat grading model. **Meat Science**, v. 144, p. 43–52, 2018.

PARENTE, M. O. M.; ROCHA, K. S.; BESSA, R. J. B.; PARENTE, H. N.; ZANINE, A. M.; MACHADO, N. A. F.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, L. R.; LANDIM, A. V.; ALVES, S. P. 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.

PARENTE, M. O. M.; SUSIN, I.; NOLLI, C. P.; FERREIRA, E. M.; GENTIL, R. S.; POLIZEL, D. M.; PIRES, A. V.; ALVES, S. P.; BESSA, R. J. B. Effects of supplementation with vegetable oils, including castor oil, on milk production of ewes and on growth of their lambs. **Journal of Animal Science**, v. 96, p. 354–363, 2018.

PARVAR, R.; GHOORCHI, T.; SHARGH, M. S. Influence of dietary oils on performance, blood metabolites, purine derivatives, cellulase activity and muscle fatty acid composition infattening lambs. **Small Ruminant Research**, v. 150, p. 22–29, 2017.

PEWAN, S. B.; OTTO, J. R.; HUERLIMANN, R.; BUDD, A. M.; MWANGI, F. W.; EDMUNDS, R. C.; HOLMAN, B. W. B.; HENRY, M. L. E.; KINOBE, R. T.; ADEGBOYE, O. A.; MALAU-ADULI, A. E. O. Genetics of Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acid Metabolism and Meat Eating Quality in Tattykeel Australian White Lambs. **Genes**, v. 11, p. 587, 2020.

PONNAMPALAM, E. N.; HOPKINS, D. L.; BRUCE, H.; LI, D.; BALDI, G.; BEKHIT, A. E. D. Causes and contributing factors to “dark cutting” meat: Current trends and future directions: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 16, p. 400–430, 2017.

PUOLANNE, E. Development in our understanding of water-holding capacity in meat. *In*: PURSLOW, P.P. **New Aspects of Meat Quality: from Genes to Ethics**. Cambridge: Wood Head Publishing, 2017. p. 167–187.

SÁNCHEZ, N.; MENDOZA, G. D.; MARTÍNEZ, J. A.; HERNÁNDEZ, P. A.; DIAZ, L. M. C.; LEE-RANGEL, H. A.; VAZQUEZ, A.; RAMIREZ, R. F. Effect of *Caesalpinia coriaria* Fruits and Soybean Oil on Finishing Lamb Performance and Meat Characteristics. **BioMed Research International**, p. 9486258, 2018.

SAS - Statistical Analysis System. Version 9.2. Cary, CN, USA: SAS Institute Inc. 2009.

SHANGE, N.; MAKASI, T. N.; GOUWS, P. A.; HOFFMAN, L. C. The influence of normal and high ultimate muscle pH on the microbiology and colour stability of previously frozen black wildebeest (*Connochaetes gnou*) meat. **Meat Science**, v. 135, p. 14–19, 2018.

SILVA SOBRINHO, A. G.; KADIM, I. T.; PURCHAS, R. W. Effect of genotypes and age on carcass and meat quality characteristics of ram lambs. **Journal of Agricultural and Marine Sciences**, v. 8, p. 73–78, 2003.

SOUZA, D. A.; SELAIVE-VILLARROEL, A. B.; PEREIRA, E. S.; SILVA, E. M. C.; OLIVEIRA, R. L. Effect of the Dorper breed on the performance, carcass and meat traits of lambs bred from Santa Inês sheep. **Small Ruminant Research**, v. 145, p. 76–80, 2016.

SOUZA, F. N. C.; DA SILVA, T. C.; RIBEIRO, C. V. D. M. Sisal silage addition to feedlot sheep diets as a water and forage source. **Animal Feed Science and Technology**, v. 235, p. 120-127, 2018.

VAN CLEEF, F. O. S.; EZEQUIEL, J. M. B.; D'AUREA A. P.; ALMEIDA, M. T. C.; PEREZ, H. L.; VAN CLEEF, E. H. C. B. Feeding behavior, nutrient digestibility, feedlot performance, carcass traits, and meat characteristics of crossbred lambs fed high levels of yellow grease or soybean oil. **Small Ruminant Research**, v. 137, p. 151–156, 2016.

WHEELER, T. L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D. **Standardized warner bratzler shear force procedures for meat tenderness measurement**. Clay Center: USDA-Agricultural Research Service, 1995.

ZHAO, T.; MA, Y.; QUA, Y.; LUO, H.; LIU, K.; ZUO, Z.; LU, X. Effect of dietary oil sources on fatty acid composition of ruminal digesta and populations of specific bacteria involved in hydrogenation of 18-carbon unsaturated fatty acid in finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 126–134, 2016.

CAPITULO 3

**Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para ovinos:
parâmetros metabólicos, comportamentais e ruminais**

Óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para ovinos: parâmetros metabólicos, comportamentais e ruminais

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão de óleo de soja, sobre os parâmetros metabólicos, comportamentais e ruminais de ovinos. Cinco ovinos cânulados no rúmen ($47,76 \pm 7,14$ kg de peso inicial, média \pm desvio padrão) com 15 meses de idade foram distribuídos em um quadrado latino 5 x 5. Utilizaram-se cinco dietas experimentais com níveis de inclusão de óleo de soja (OS) 0, 30, 60, 90 e 120 g/kg da matéria seca total. Houve redução da ingestão de matéria seca ($P = 0,019$), proteína bruta ($P = 0,007$) e da ingestão e digestibilidade dos carboidratos não fibrosos ($P < 0,001$; $P = 0,039$, respectivamente) em função dos níveis de OS. A ingestão ($P < 0,001$) e a digestibilidade aparente do extrato etéreo ($P < 0,001$) aumentaram com a inclusão de OS. Houve redução da ingestão nitrogenada ($P = 0,007$) e das concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal ($P = 0,023$). Não houve influência da inclusão de OS ($P > 0,05$) sobre os parâmetros de fermentação ruminal: pH, ácidos graxos voláteis totais, acetato, propionato, butirato, relação acetato:propionato e metano. O óleo de soja não deve ser incluído como fonte de ácido linoléico em dietas de ovinos em confinamento como modulador de fermentação ruminal.

Palavras-chave: balanço de nitrogênio, fermentação ruminal, lipídios, nutrição de ruminantes

Soybean oil, a source of linoleic acid, in diets for lambs: metabolic, behavioral and ruminal parameters

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of the inclusion of soybean oil on the metabolic, behavioral and ruminal parameters of sheep. Five rumen-cannulated sheep (47.76 ± 7.14 kg of initial weight, mean \pm standard deviation) at 15 months of age were distributed in a 5 x 5 latin square. Five experimental diets with levels of inclusion of soybean oil (SO) 0, 30, 60, 90 and 120g/kg of total dry matter were used. There was a reduction in dry matter intake ($P = 0.019$), crude protein ($P = 0.007$) and in non-fibrous carbohydrate intake and digestibility ($P < 0.001$; $P = 0.039$, respectively) as a function of SO levels. Intake ($P < 0.001$) and apparent digestibility of the ether extract ($P < 0.001$) increased with the inclusion of SO. There was a reduction in nitrogen intake ($P = 0.007$) and ruminal ammonia nitrogen concentrations ($P = 0.023$). There was no influence of OS inclusion ($P > 0.05$) on the ruminal fermentation parameters: pH, total volatile fatty acids, acetate, propionate, butyrate, acetate:propionate ratio and methane. The soybean oil should not be included as a source of linoleic acid in feedlot sheep diets as a modulator of ruminal fermentation.

Keywords: nitrogen balance, ruminal fermentation, lipids, ruminant nutrition

INTRODUÇÃO

A inclusão de óleos vegetais em dieta para ruminantes, em até 60 g/kg da MS, apresentou efeitos favoráveis à fermentação ruminal em estudos *in vitro*, assim como, redução na produção de metano e aumento na produção de propionato sem comprometer à extensão da digestão dos alimentos (Vargas et al., 2020).

Em estudos *in vivo* a inclusão de fontes de ácido linoléico, como o óleo de soja (59,08 g de ácido linoléico por 100 gramas de ácidos graxos totais) em até 50 g/kg da MS para ruminantes, obtendo evidências promissoras sobre a eficiência energética ruminal, através da redução na razão molar entre as concentrações de acetato e propionato (Barletta et al., 2016; Ferreira et al., 2016; Bettero et al., 2017; Sharifi et al., 2018) e redução na produção de metano em cordeiros (Lima et al., 2019), sem alterações no consumo de MS e na digestibilidade da fibra (Ferreira et al., 2016; Freitas Júnior et al., 2018; Dias et al., 2020).

Dentre os produtos da fermentação ruminal, o propionato é o principal substrato gliconeogênico para ruminantes, deste modo estas evidências podem resultar em aumento da eficiência de utilização de nutrientes e de desempenho dos rebanhos (Felix-Bernal et al., 2016; Van Cleef et al., 2016).

Apesar dos benefícios reportados com o uso de fontes de ácido linoléico em dietas para ruminantes, efeitos desfavoráveis podem ocorrer. Estudos recentes indicam redução do consumo voluntário de matéria seca e da digestibilidade de componentes nutricionais, como a fibra (Van Cleef et al., 2016; Parente et al., 2020) e redução na produção de ácidos graxos voláteis totais na fermentação ruminal (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016) em ovinos. Portanto, o conhecimento do nível ideal de óleo de soja, fonte de ácido linoléico, em dietas para ovinos é importante, especialmente por acreditar que há um nível capaz de modular a fermentação ruminal sem comprometer o consumo e a digestibilidade de nutrientes.

Assim, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de óleo de soja, fonte de ácido linoléico, sobre os parâmetros metabólicos, comportamentais e ruminais de ovinos confinados.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização, procedimentos éticos

O experimento foi realizado na Fazenda experimental da Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos, Bahia, Brasil, onde todos os protocolos com os animais foram realizados mediante autorização da Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia, sob o protocolo nº 72/2018.

Desenho experimental, animais e dietas

O período experimental durou 105 dias e foi dividido em cinco períodos de 21 dias. Durante os primeiros 14 dias de cada período, todos os animais foram alimentados com suas respectivas dietas e adaptados ao manejo, e os últimos 7 dias foram destinados à coleta de dados. O delineamento experimental foi o quadrado latino 5 x 5, com cinco dietas (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg de óleo de soja) e cinco repetições (animal x período).

Cinco ovinos Santa Inês, machos não castrados, com idade média de 15 meses e peso corporal inicial de $47,76 \pm 7,14$ kg, cânulados no rúmen (feita de látex, i.d. 2 polegadas, Kehl®, São Carlos, SP, Brasil). Os animais foram alocados em baias individuais, de 1,2 m², cobertas, com piso ripado de madeira e suspensas, providas de bebedouros e comedouros com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais. No início do experimento os ovinos foram identificados, submetidas ao controle de endoparasitos e ectoparasitos.

As dietas foram fornecidas em duas refeições diárias, 50% às 8h00 e 50% às 16h00, permitindo entre 10 e 20 % de sobras. As dietas experimentais foram compostas por silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*) como fonte volumosa, com partículas médias de 5 cm, e concentrado, constituído de farelo de soja, milho moído, óleo de soja, ureia e suplemento mineral comercial específico para ovinos (Tabela 1e 2).

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Item	Ingredientes			
	Silagem de sorgo	Farelo de soja	Milho moído	Óleo de soja
Composição bromatológica (g/kg de MS)				
Matéria seca (g/kg de MN)	355,9	901,1	853,3	1000,0
Matéria mineral	32,2	66,1	13,2	-
Proteína bruta	74,7	481,4	88,3	-
Extrato etéreo	22,5	23,7	41,5	999,0
FDN _{cp} ¹	516,2	140,1	111,1	-
FDA _{cp} ²	277,0	75,4	25,4	-
Hemicelulose	239,2	64,7	85,7	-
Celulose	234,3	70,0	20,6	-
Lignina	42,7	5,4	4,8	-
FDN indigestível	168,5	18,8	12,4	-
CNF ³	354,4	288,7	745,9	-
NDT ⁴	715,6	794,6	830,7	1969,6
EM (Mcal/kg) ⁵	2,6	3,5	3,2	7,7
PIDN (g/kg de PB) ⁶	168,3	39,4	115,1	-
PIDA (g/kg de PB) ⁷	63,2	2,9	17,7	-
Perfil de ácidos graxos (g/100g)				
C8:0	0,01	0,01	0,01	0,01
C10:0	0,00	0,08	0,08	0,06
C12:0	0,04	0,10	0,11	0,09
C14:0	0,14	0,97	0,85	0,47
C16:0	1,30	6,76	7,31	14,25
C16:1	0,06	0,23	0,15	0,20
C18:0	0,73	1,82	1,40	4,52
C18:1 n-9	1,02	7,26	14,53	22,91
C18:2 n-6	0,86	17,98	22,32	59,08
C18:3 n-3	0,46	2,17	0,62	6,75

¹Fibra em detergente neutro; ²Fibra em detergente ácido; ³Carboidratos não fibrosos; ⁴Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações de Cruz et al. (2021); ⁵Energia Metabolizável estimada pelas equações do NRC (2001); ⁶Proteína insolúvel em detergente neutro; e ⁷Proteína insolúvel em detergente ácido.

As dietas isonitrogenadas foram formuladas segundo as recomendações do National Research Council (NRC, 2007) para cordeiros com ganho médio diário de 200 g (Tabela 2). As dietas foram preparadas diariamente para evitar a rancificação do óleo de soja.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes, composição químico-bromatológica e perfil de ácidos graxos das dietas experimentais.

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)				
	0	30	60	90	120
Ingredientes (g/kg de MS¹)					
Silagem de sorgo	400	400	400	400	400
Farelo de soja	116	120	124	128	133
Milho moído	461	427	393	359	324
Óleo de soja	0	30	60	90	120
Ureia	8	8	8	8	8
*Suplemento mineral	15	15	15	15	15
Composição bromatológica (g/kg de MS)					
Matéria Seca (g/kg de MN)	663,3	667,8	672,4	677,0	681,7
Matéria mineral	41,6	41,5	41,3	41,1	41,0
Proteína bruta	148,9	147,9	146,8	145,7	145,0
Extrato etéreo	30,9	59,6	88,2	116,9	145,5
FDN _{cp} ²	273,9	270,7	267,5	264,3	261,1
FDA _{cp} ³	131,2	130,7	130,1	129,6	129,0
Hemicelulose	142,7	140,0	137,4	134,7	132,0
Celulose	111,3	110,9	110,5	110,1	109,7
Lignina	19,9	19,8	19,6	19,5	19,4
FDN indigestível	75,3	75,0	74,6	74,3	73,9
CNF ⁴	519,1	494,9	470,7	446,6	421,9
NDT ⁵	754,7	774,7	794,6	814,6	834,5
EM (Mcal kg ⁻¹) ⁶	3,0	3,2	3,4	3,5	3,7
PIDN (g/kg de PB) ⁷	80,0	78,8	77,5	76,2	74,8
PIDA (g/kg de PB) ⁸	18,6	18,4	18,3	18,1	17,8
Perfil de ácidos graxos (g/100g)					
C8:0	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
C10:0	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04
C12:0	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
C14:0	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
C16:0	4,67	4,88	5,09	5,29	5,50
C16:1	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13
C18:0	1,15	1,24	1,34	1,43	1,53
C18:1 n-9	7,95	8,17	8,40	8,62	8,83
C18:2 n-6	12,72	13,81	14,89	15,98	17,06
C18:3 n-3	0,72	0,91	1,10	1,29	1,48

*Níveis de garantia (por kg de elementos ativos): Cálcio- 110,00g, Fósforo - 87,00g, Enxofre - 18,00g, Cobre - 590,00 mg, Cobalto - 15,00 mg, Sódio - 147g, Cromo - 20,00 mg, Iodo - 50,00 mg, Manganês - 2,00g, Selênio - 20,00 mg, Zinco - 3,80g, e Flúor (máx.) - 870,00 mg, Molibidênio - 300mg.; ¹Matéria seca; ²Fibra em detergente neutro; ³Fibra em detergente ácido; ⁴Carboidratos não fibrosos; ⁵Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações de Cruz et al. (2021); ⁶Energia Metabolizável estimada pelas equações do NRC (2001); ⁷Proteína insolúvel em detergente neutro; e ⁸Proteína insolúvel em detergente ácido.

Analises de ácidos graxos

As amostras de ingredientes para análises de perfil de ácidos graxos foram liofilizadas e moídas uniformemente por 10 a 15 segundos em temperatura ambiente em moedor de grãos de café. A extração e metilação das amostras foram realizadas através da síntese direta de esteres metílicos de ácidos graxos (EMAG) (O'Fallon et al., 2007).

A composição dos ácidos graxos dos EMAG foram identificados e quantificados usando um cromatógrafo de gás (CGFOCUS com injeção dividida) equipado com uma coluna capilar SPTM-2560 (100 m × 0,25 mm i.d. com espessura de filme de 0,02 µm; Supelco) e detector de ionização de chama (Thermo Scientific Inc.). As temperaturas do detector e do injetor foram fixadas em 250 °C, com proporção de divisão de 15:1.

A temperatura inicial do forno foi de 70 °C mantida por 4 min, subsequentemente aumentada em 13 °C/min para 175 °C, mantida por 27 min, e posteriormente aumentada em 4 °C/min até 215 °C, mantida por 31 min (Kramer et al., 1997). Os ácidos graxos foram identificados comparando seus tempos de retenção com o padrão interno C19:0 (189-19 Sigma Aldrich; 10 mg de C19:0/ml MeOH). Os resultados foram obtidos pela normalização das áreas e expresso em mg / 100mg de ácidos graxos.

Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes

A ingestão de ração foi registrada diariamente através da diferença entre a alimentação fornecida e recusada. Amostras de volumoso, ingredientes e sobras foram coletadas diariamente durante o período de coleta. Ao final de cada período, as amostras compostas foram obtidas realizando um pool de amostras diárias por animal e período. Em seguida, as amostras foram armazenadas e congeladas a -20 °C para análises posteriores da composição química.

A digestibilidade aparente dos componentes nutricionais foi determinada nos dias 17º, 18º e 19º de cada período experimental, mediante a coleta total de fezes. As fezes foram coletadas através da utilização de bolsas coletoras, a cada 24 horas as bolsas coletoras foram esvaziadas e a produção total de fezes foi medida, homogeneizada e armazenada em recipiente plástico e congeladas a -20 °C até análises posteriores.

As amostras fecais foram pré secas em estufa com circulação de ar forçado (55 °C por 72 h) e realizado um pool de amostras por animal e período com base no peso da

amostra seca ao ar para posteriores análises. A MS fecal e a excreção de nutrientes foram calculadas com base na composição química e na produção fecal dos períodos de coleta. Coeficientes de digestibilidade aparente foram calculados como $\{[\text{ingestão (kg / d)} - \text{produção fecal (kg / d)}] \div \text{ingestão (kg / d)}\} \times 100$.

Comportamento ingestivo

No 15º e 16º dia de cada período experimental todos os animais foram submetidos à observação visual para avaliação do comportamento ingestivo. As observações foram realizadas por observadores treinados a cada 5 minutos, durante 24 horas, para determinação do tempo despendido com as atividades de alimentação, ruminação e ócio (Johnson e Combs, 1991). No mesmo dia, foi realizada a contagem do número de mastigações merícicas e tempo despendido na ruminação de cada bolo ruminal, com a utilização de cronômetro digital. Para essa avaliação, foram feitas observações de três bolos ruminais, em três períodos diferentes do dia (10.00-12.00, 14.00-16.00 e 19.00-21.00 horas), medindo-se a média do número de mastigações merícicas e o tempo gasto por bolo ruminal. Durante a noite o ambiente foi mantido em iluminação artificial, com devida adaptação anterior.

A eficiência de alimentação (EAL) e de ruminação (ERU), o tempo de mastigação total por dia (TMT), o número de bolos ruminais por dia (NBR) e o número de mastigações merícicas por dia (NMMnd) foram obtidos segundo metodologia descrita por Polli et al. (1996) e Bürger et al. (2000), em que:

$$\text{EAL (g MS/h)} = \text{CMS (g MS/dia)} / \text{tempo de alimentação (TAL), h/dia};$$

$$\text{ERU (g MS/h)} = \text{CMS (g MS/dia)} / \text{tempo de ruminação (TRU), h/dia};$$

$$\text{TMT (h/dia)} = \text{TAL} + \text{TRU};$$

$$\text{NBR (nº/dia)} = \text{TRU (s/dia)} / \text{tempo de mastigações merícicas por bolo ruminal (MMtb), s/bolo}.$$

Coleta de urina

A coleta total de urina foi realizada entre o 16º e 17º dia de cada período experimental. A urina foi coletada através da colocação de funis de coleta nos ovinos com mangueira acoplada que direcionava a urina à recipientes plásticos com tampa que continham solução de 100 ml de H₂SO₄ 20% 20% (v / v).

Ao final do período de coleta de 24 horas, a produção total de urina foi mensurada, homogeneizada e uma amostra representativa foi coletada. Imediatamente após a mensuração, a urina foi filtrada por gaze e misturada com uma solução de ácido sulfúrico 0,036 N a uma proporção de 10 mL de urina para 40 mL de ácido em um recipiente de plástico (Valadares et al., 1999), e armazenada a -20 ° C para análises subsequentes.

A excreção urinária de nitrogênio foi obtida pelo método micro Kjeldahl (método 984.13, AOAC, 2000). Deste modo, o conteúdo de nitrogênio foi estimado através da quantidade de nitrogênio em g / 100 ml de urina encontrada na amostra multiplicada pelo volume urinário total. O balanço de nitrogênio foi expresso em gramas / dia e determinado pela seguinte fórmula: nitrogênio ingerido (ingestão de N) - (nitrogênio fecal + nitrogênio urinário).

Metabolismo ruminal e coleta de sangue

No 20º dia do período experimental, foram coletadas amostras de fluido ruminal, combinando nove alíquotas colhidas de nove diferentes locais dentro do rúmen (sacos dorsal, medial e ventral), sete vezes. Essas coletas ocorreram a cada 2 horas em relação à alimentação matinal (08h - hora 0), e 2, 4, 6, 8, 10 e 12h após a primeira alimentação. As amostras de digesta ruminal foram filtradas através de uma malha de 1 mm, sendo avaliado o pH, a concentração de nitrogênio amoniacal, e ácidos graxos voláteis (AGV).

O pH do fluido ruminal foi medido após a coleta da digesta usando um pHmetro digital. O fluido ruminal foi coletado, armazenado em garrafas plásticas e imediatamente congelado a -20 ° C para análise posterior.

Para a avaliação das concentrações de AGV, as amostras foram colocadas em tubos e centrifugadas a 1.800g por 15 min. Posteriormente, alíquotas (1 ml) do sobrenadante foram retiradas dos tubos centrifugados e colocadas em um tubo de ensaio e misturado com 1 ml de ácido metafosfórico. Depois eles foram armazenados a -20 °C para análise subsequente de ácidos graxos voláteis usando um cromatógrafo líquido (Mathew et al., 1997).

Para a avaliação da concentração ruminal de nitrogênio amoniacal (NAR) no fluido ruminal dos ovinos, as amostras foram descongeladas e 0,5 ml de solução de tungstato de sódio a 10% foi adicionado a 1,5 ml de amostra. Em seguida, as amostras

foram centrifugados imediatamente (1.800 x g 15 min). Posteriormente, 50 µl do sobrenadante foram pipetados e misturados com os reagentes do kit comercial seguindo a metodologia descrito (K047 ©, Bioclin, Belo Horizonte, MG, Brasil) e medido usando um espectrofotômetro (Mono FeixeSP-22 ©; Biospectro, Curitiba, PR, Brasil) utilizando a metodologia descrita por Broderik & Kang, 1980. Para estimar a produção de gás metano foi utilizada a equação: $CH_4 = 0,45 \text{ (acetato)} - 0,275 \text{ (propionato)} + 0,40 \text{ (butirato)}$ (Moss et al. 2000).

Análises laboratoriais

As amostras coletadas e armazenadas em freezer durante o experimento foram pré-secas em estufa com circulação de ar forçada a 55° C, por 72 horas, sendo, em seguida, moídas em moinho tipo Willey com peneira de crivos de um mm para determinação dos teores de matéria seca (MS; método 920.15), cinza (MM; método 942.05), proteína bruta (N x 6,25; método 984.13) e extrato etéreo (EE; método 920.39) de acordo com a Association of Analytical Chemists - AOAC (2000). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados segundo Mertens (2002). Os valores de FDN e FDA foram corrigidos para cinzas e proteína (FDN_{cp} e FDA_{cp}) conforme especificações descritas em Mertens (2002) e Licitra et al. (1996). A lignina foi determinada de acordo com o método 973.18 (AOAC, 2006), sendo o resíduo da FDA tratado com solução de ácido sulfúrico a 72%. Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) foram determinados conforme Licitra et al. (1996).

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) das dietas foram calculados de acordo com Hall (2000). A estimação dos teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizada através das equações proposta por Cruz et al. (2021). As energias digestível (ED) e metabolizável (EM) foram calculadas seguindo as recomendações do NRC (2001).

Análise estatística

Utilizou-se o comando PROC MIXED do programa estatístico SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4) e os resultados submetidos à análise de variância, bem como os efeitos do óleo de soja, nas dietas, estudados por meio de contrastes polinomiais linear e quadrático, adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade.

Os modelos de regressão foram selecionados embasados nos coeficientes de determinação e na significância dos coeficientes de regressão. Os dados foram analisados usando o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + P_j + \alpha_k + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = valor da observação do animal i , período j e dieta k ; μ = média geral; β_i = efeito aleatório do animal i ($i = 1-5$); P_j = efeito fixo do período j ($j = 1-5$); α_k = efeito do tratamento k ($k = 1$ a 5) e ε_{ijk} = o erro residual.

Medidas repetidas ao longo do tempo foram realizadas usando o procedimento MIXED do SAS para analisar os dados de fermentação ruminal (0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após a alimentação), e cada variável (pH, NH₃-N, AGV e glicose sanguínea) foi avaliada de acordo com o modelo abaixo:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + P_j + \alpha_k + T_l + T_l \times \alpha_k + \varepsilon_{ijkl}$$

y_{ijkl} = valor da observação do animal i , período j , dieta k e tempo l ; μ = média geral; β_i = efeito aleatório do animal; P_j = efeito fixo do período j ($j = 1-5$); α_k = efeito do tratamento k ($k = 1$ a 5); T_l = efeito fixo do período l (l = hora em relação à alimentação matinal = 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após a alimentação); $T_l \times \alpha_k$ = é o efeito de interação fixa do tempo e dieta; e ε_{ijkl} = o erro residual.

RESULTADOS

Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes

Houve redução linear nos consumos de MS ($P = 0,019$), PB ($P = 0,007$), FDNc ($P = 0,006$) e CNFc ($P < 0,001$) em função os níveis de óleo de soja (OS) (Tabela 3). O consumo de EE ($P < 0,001$) aumentou 1,19 gramas a cada 1 g/kg de inclusão de OS na dieta. A inclusão de OS não influenciou o consumo de NDT ($P > 0,05$). Por outro lado, a cada 10 g/kg de inclusão de OS na dieta houve redução de 0,0028 gramas no CMS g/kg de PC ($P = 0,049$) e de 0,0010 gramas no CFDNc g/kg de PC ($P = 0,014$).

Os coeficientes digestibilidade aparente da MS, PB e FDNc não sofreram influência ($P > 0,05$) da inclusão de OS na dieta. O coeficiente de digestibilidade do EE ($P < 0,001$) e NDT ($P < 0,001$) aumentaram a medida que o OS foi incluído na dieta dos ovinos (Tabela 3). No entanto, coeficiente de digestibilidade aparente CNFc foi

reduzido ($P = 0,039$), a cada 1 g/kg de inclusão de OS na dieta houve redução de 0,0384%.

Tabela 3 - Efeito de dietas experimentais sobre o consumo (C) e digestibilidade (CD) aparente de frações nutricionais

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)					EPM ¹	Valor-P*	
	0	30	60	90	120		Linear	Quadrático
Consumo (g/d)								
MS ²	1304,9	1371,5	1253,5	1182,7	1159,0	115,030	0,019	0,551
PB ³	202,3	210,4	194,1	173,4	171,7	18,254	0,007	0,535
EE ⁴	43,1	87,7	123,2	155,7	187,5	14,368	<0,001	0,499
FDNc ⁵	323,4	334,2	287,2	270,9	266,4	29,637	0,006	0,999
CNFc ⁶	678,7	683,5	607,3	532,2	483,0	54,519	<0,001	0,357
NDT ⁷	986,4	1145,7	1055,8	1079,4	1091,2	96,691	0,415	0,412
Consumo em g/kg de PC								
MS	2,5	2,7	2,4	2,3	2,2	0,198	0,049	0,481
FDNc	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,053	0,014	0,872
Coeficiente de digestibilidade (%)								
MS	75,2	78,8	75,1	79,3	76,5	2,979	0,716	0,634
PB	73,0	78,4	76,2	79,9	79,3	2,954	0,068	0,482
EE	83,8	91,6	93,7	95,6	94,3	1,547	<0,001	0,001
FDNc	50,4	55,2	44,4	57,4	52,4	5,882	0,717	0,843
CNFc	88,5	90,2	87,4	86,9	84,3	2,322	0,039	0,352
NDT	76,3	83,6	84,3	92,7	93,6	2,933	<0,001	0,610

¹Erro padrão da média, ²Matéria seca, ³Proteína bruta, ⁴Extrato etéreo, ⁵Fibra em detergente neutro, ⁶Carboidratos não fibrosos, ⁷Nutrientes digestíveis totais. CMS: $\hat{Y} = 1.349,93 - 1,5609*OS$, $R^2=0,77$; CPB: $\hat{Y} = 209,97 - 0,3199*OS$, $R^2=0,82$; CEE: $\hat{Y} = 47,9966 + 1,1932*OS$, $R^2=0,99$; CFNc: $\hat{Y} = 331,80 - 0,5847*OS$, $R^2=0,84$; CCNFcp: $\hat{Y} = 704,28 - 1,7661*OS$, $R^2=0,95$; CMS/PC: $\hat{Y} = 2,597 - 0,0028*OS$, $R^2=0,68$; CFNcp/PC: $\hat{Y} = 0,6349 - 0,0010*OS$, $R^2=0,77$; CDEE: $\hat{Y} = 86,8072 + 0,0835*OS$, $R^2 = 0,72$; CDCNFc: $\hat{Y} = 89,7972 - 0,0384*OS$, $R^2 = 0,74$; CDNDT: $\hat{Y} = 77,3590 + 0,1455*OS$, $R^2 = 0,93$.

Comportamento ingestivo

Não foram detectadas alterações nos tempos de alimentação ($P = 0,582$), ruminação ($P = 0,417$) e ócio (0,621) em minutos por dia com a inclusão de OS na dieta dos ovinos (Tabela 4). Também não houve efeito sobre eficiência de alimentação gMS/h ($P = 0,082$). No entanto, as eficiências de ruminação gMS/h ($P = 0,005$), alimentação gFDNc/h ($P = 0,024$) e ruminação gFDNc/h ($P = 0,001$) reduziram.

Quanto as variáveis mastigações não foram detectadas alterações da inclusão de OS sobre os parâmetros gMS/bolo ($P = 0,135$), NBR ($P = 0,432$) e TMT ($P = 0,621$). Porém, observou-se aumento do NM/Bolo ($P = 0,003$) e TMM/Bolo ($P = 0,020$).

Tabela 4 - Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja.

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)					EPM ¹	Valor-P*	
	0	30	60	90	120		Linear	Quadrático
Tempos (horas/dia)								
Alimentação	2,9	2,7	2,5	2,7	2,7	0,421	0,582	0,405
Ruminação	6,4	7,8	7,4	6,8	7,4	0,511	0,417	0,219
Ócio	14,7	13,5	14,1	14,5	13,8	0,717	0,621	0,867
Eficiência (g MS/h)								
Alimentação	515,8	568,6	541,4	470,3	465,6	79,771	0,082	0,250
Ruminação ²	208,7	180,1	170,0	176,6	153,7	16,506	0,005	0,523
Eficiência (gFDNc/h)								
Alimentação ³	127,2	139,4	122,6	107,5	107,9	19,644	0,024	0,532
Ruminação ⁴	51,5	43,6	38,7	40,4	35,3	3,874	0,001	0,227
Mastigações								
gMS/bolo	2,4	1,9	2,0	2,0	2,0	0,160	0,135	0,081
NM/Bolo ⁵	61,4	58,5	63,2	61,1	70,2	4,490	0,003	0,032
TMM/Bolo ⁶	41,3	38,6	42,6	41,7	48,3	3,017	0,020	0,117
NBR ⁷	558,2	735,3	631,8	596,3	568,1	58,232	0,432	0,083
TMT (h/dia) ⁸	9,3	10,4	9,8	9,5	10,3	0,717	0,621	0,867

¹Erro padrão da média, ² $\hat{Y}_{ERU} = 200,65 - 0,3861*OS$, $R^2=0,81$; ³ $\hat{Y}_{EAL} = 134,91 - 0,2257*OS$, $R^2=0,70$; ⁴ $\hat{Y}_{ERU} = 49,0597 - 0,1211*OS$, $R^2=0,85$; ⁵Número de mastigações meréricas: $\hat{Y}_{NM/Bolo} = 58,8716 + 0,0659*OS - 0,00247 \pm 0,00081*OS^2$, $R^2=0,54$; ⁶Tempo de mastigação merérica: $\hat{Y}_{TMM/Bolo} = 39,1144 + 0,0554*OS$, $R^2=0,59$; ⁷Número de bolos ruminados; ⁸Tempo de mastigação total.

Balanco de nitrogênio e metabólitos sanguíneos

O consumo de N (P = 0,007) e a excreção de N fecal (P = 0,013) reduziram com a inclusão de OS na dieta dos ovinos. A quantidade de N absorvido, N urinário, N retido e ureia urinária não foram influenciados (P > 0,05) (Tabela 5).

Tabela 5 - Balanco de nitrogênio (N) e metabólitos sanguíneos de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja.

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)					EPM ¹	Valor-P*	
	0	30	60	90	120		Linear	Quadrático
Consumo de N (g/dia) ²	32,4	33,7	31,1	27,7	27,5	8,460	0,007	0,634
N Fecal (g/dia) ³	8,8	7,2	7,4	5,8	5,3	1,280	0,013	0,924
N absorvido (g/dia)	23,6	26,5	23,7	21,9	22,2	2,380	0,104	0,434
N urinário (g/dia)	10,2	10,3	10,3	9,4	9,8	1,910	0,644	0,996
N retido (g/dia)	13,0	16,2	13,4	12,2	12,0	1,960	0,292	0,448
Ureia urinária (mg/dL)	15,2	14,2	16,0	14,0	15,8	3,460	0,871	0,804
Metabólitos sanguíneos								
Ureia (mg/dL)	42,8	45,0	46,2	44,5	46,3	3,810	0,517	0,780
Glicose (g/dL)	80,4	75,4	78,1	78,5	74,2	3,350	0,337	0,957

¹Erro padrão da média, ² $\hat{Y} = 3,5928 - 0,0512*OS$, $R^2=0,87$; ³ $\hat{Y} = 8,5969 - 0,028*OS$, $R^2=0,91$.

Os parâmetros metabólicos sanguíneos não sofreram influência ($P > 0,05$) com a inclusão de OS na dieta dos ovinos, apresentando valores médio de 45 mg/dL de ureia e 77,3 mg/dL de glicose sérica (Tabela 5).

Fermentação ruminal

Não houve influência da inclusão de OS sobre os seguintes parâmetros de fermentação ruminal: pH ($P = 0,196$), AGV ($P = 0,706$), AC ($P = 0,706$), Propionato ($P = 0,721$), butirato ($P = 0,100$), relação Acetato:Propionato ($P = 0,872$) e Metano % ($P = 0,241$). O mesmo comportamento foi observado para a glicose plasmática ($P = 0,411$). No entanto, as concentrações de NAR ($P = 0,023$) diminuíram (Tabela 6).

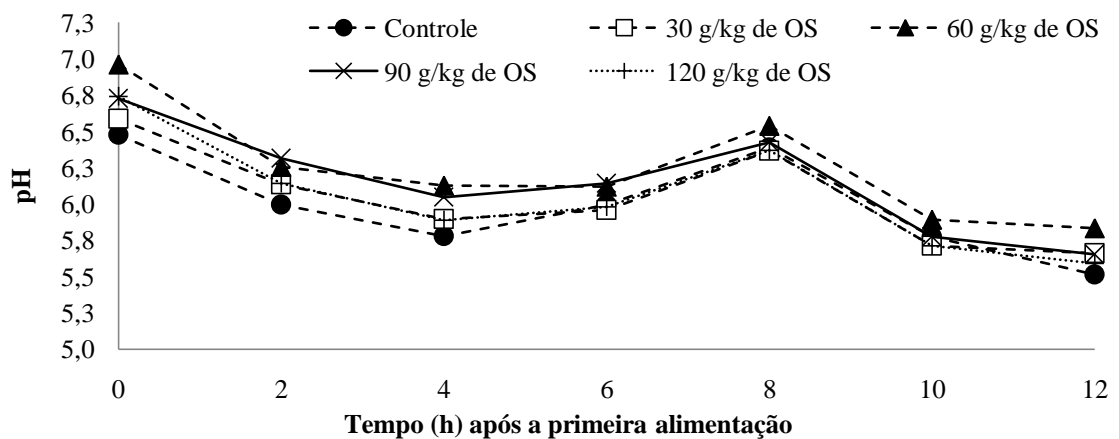
Tabela 6 - Parâmetros ruminiais e glicose plasmática de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja.

Item	Nível de óleo de soja (g/kg)					EPM ¹	Valor-P ²				
	0	30	60	90	120		Dieta	Tempo	D x T	L	Q
pH	6,0	6,1	6,3	6,2	6,1	0,110	0,196	<0,001	0,860	0,316	0,058
Nitrogênio amoniacal ruminal, mg/dL ³	11,0	11,3	8,8	8,7	9,4	1,300	0,023	<0,001	0,504	0,011	0,194
Ácidos graxos voláteis, m/M	62,2	64,4	60,8	62,0	61,4	2,620	0,706	0,762	0,998	0,485	0,900
Acetato, mmol/100 mmol	74,2	74,3	74,4	74,1	74,4	1,720	0,936	0,254	0,893	0,759	0,959
Propionato, mmol/100 mmol	15,7	15,0	15,3	15,0	15,3	1,031	0,721	0,191	0,663	0,508	0,347
Butirato, mmol/100 mmol	10,1	10,7	10,1	10,9	10,3	0,457	0,100	0,229	0,950	0,280	0,238
Acetato:propionato, mol/100 mol	5,1	5,3	5,1	5,3	5,1	0,400	0,872	0,244	0,303	0,795	0,532
Metano, % ⁴	21,0	21,7	20,4	21,8	20,6	0,760	0,241	0,584	0,954	0,675	0,628
Glicose plasmática, mg/dL	76,5	76,4	76,3	78,4	73,4	2,630	0,411	<0,001	0,166	0,443	0,270

¹Erro padrão da média; ²Efeito de dieta; tempo; interação entre dieta (D) e tempo (T); Linear; e Quadrático; ³ $\bar{Y}_{NAR} = 10,9960 - 0,0195 \cdot OS$, $R^2=0,55$; ⁴Calculado de acordo com a equação de Moss et al. 2000.

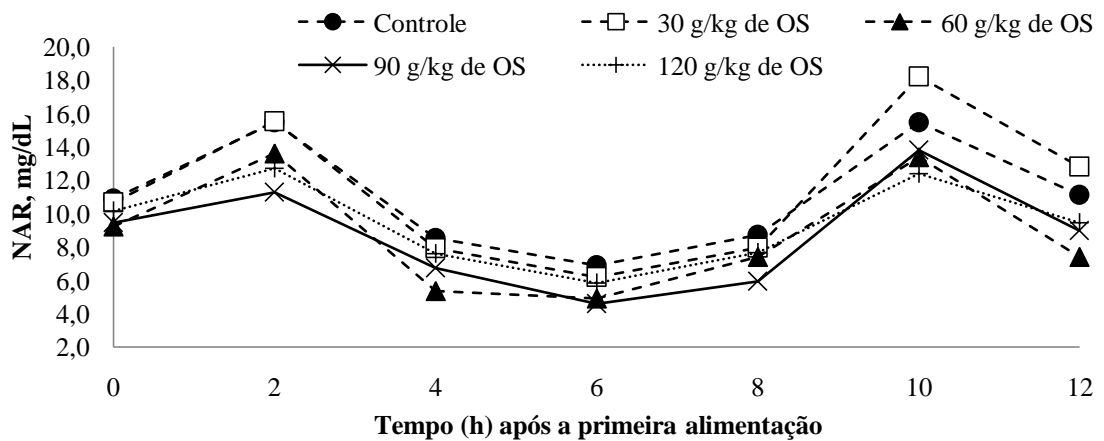
Observou-se efeito de tempo para o pH ($P < 0,001$), NAR ($P < 0,001$) e glicose plasmática ($P < 0,001$). Assim, o pH reduziu em todas dietas experimentais 2 horas após a alimentação (tempos 2 e 8), seguido por um aumento subsequente nos demais horários. Em contraste, observou-se aumento em todas dietas experimentais 2 horas após a alimentação, seguido por uma redução subsequente nos demais horários para a variável NAR. Nenhum efeito do tempo foi observado para a concentração de AGV ($P = 0,762$), acetato ($P = 0,254$), propionato ($P = 0,191$), butirato ($P = 0,229$), relação acetato:propionato ($P = 0,244$) e metano % ($P = 0,584$).

Figura 1 - Efeitos do tempo (h) após a primeira alimentação sobre o pH ruminal de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja (OS).



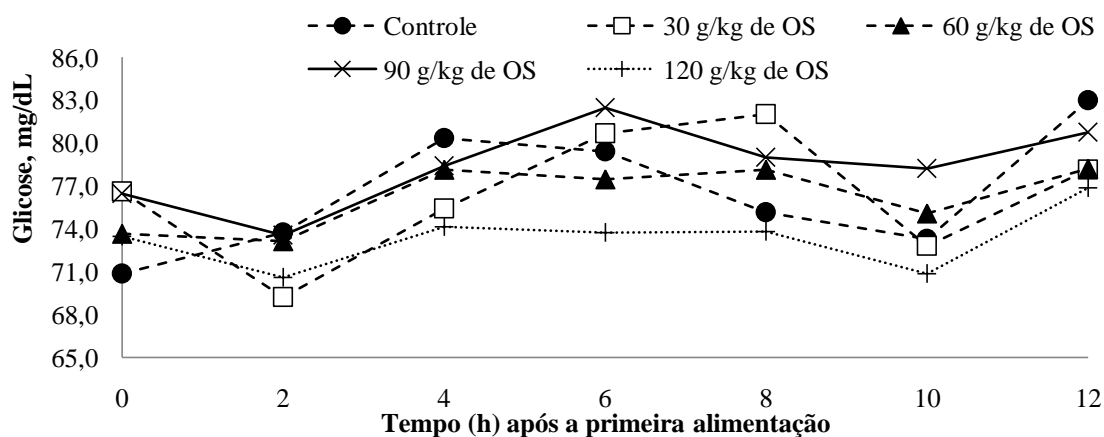
EPM = 0,110; Dieta $P = 0,196$; Tempo $P < 0,001$; D x T $P = 0,860$

Figura 2 - Efeitos do tempo (h) após a primeira alimentação sobre o nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja (OS).



EPM = 1,300; Dieta $P = 0,023$; Tempo $P < 0,001$; D x T $P = 0,504$

Figura 3 - Efeitos do tempo (h) após a primeira alimentação sobre o glicose plasmática de ovinos alimentados com dietas contendo óleo de soja (OS).



EPM = 2,630; Dieta P = 0,411; Tempo P < 0,001; D x T P = 0,166

Não foram detectadas interação entre os efeitos de tempo após a alimentação (T) e as dietas (D) para os parâmetros de pH ruminal (P = 0,860), concentração de nitrogênio amôniaical ruminal (P = 0,504), AGV (P = 0,998), acetato (P = 0,893), concentrações de propionato (P = 0,663), butirato (P = 0,950), proporção de acetato:propionato (P = 0,303), metano% (P = 0,954) e Glicose Plasmática (P = 0,166) (Tabela 6).

DISCUSSÃO

Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes

A redução no CMS com inclusão crescente de óleo de soja (OS) na dieta pode ser justificada pelo aumento no aporte de ácidos graxos como fonte de energia para o metabolismo dos ovinos, em virtude do aumento no consumo de EE. Essas evidências podem ser direcionadas a teoria da oxidação hepática, na qual através do aumento no aporte de ATP e NDT providas pelos óleos resultam em efeitos hipofágicos (Allen, 2014), e a não ocorrência de alteração na digestibilidade aparente da fibra reforça a não promoção do controle de CMS através do controle gastrointestinal, alta distensão do trato.

O aumento no coeficiente de digestibilidade do EE e do NDT podem estar diretamente relacionados ao aumento no aporte do fluxo de ácidos graxos de cadeia longa ao intestino delgado (Ferreira et al, 2016; Freitas Júnior et al., 2018), aliado à alta

digestibilidade destes no intestino delgado (Alba et al., 2021) e ao maior aporte calórico do componente EE da dieta (Parente et al., 2018).

A não ocorrência de modificações na digestibilidade da FDNc pode estar relacionada à alta taxa de biohidrogenação do ácido linoléico, 89 a 98% em ruminantes (Barletta et al., 2016; Bettero et al., 2017; Freitas Júnior et al., 2018), que pode não ter comprometido a microbiota fibrolítica. Resultados semelhantes têm sido encontrados na literatura, demonstrando que fontes de ácido linoléico tem menor potencial deletério em relação à microbiota fibrolítica quando comparado a outras fontes de ácidos graxos, como o ácido linolênico (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016).

A redução na digestibilidade aparente do CNFc com a inclusão de OS na dieta dos ovinos pode estar relacionada à diminuição no aporte de substratos fermentativos, substituição de parte do milho moído por OS, aliado possível redução no aporte de aminoácidos promovido pela redução no consumo de PB, o que possivelmente resultou em condições desfavoráveis ao crescimento da microbiota fermentadora de CNF, já que a digestibilidade do CNF é prioritariamente maior em nível ruminal (Andreazzi et al., 2018).

Comportamento ingestivo

A redução no consumo permite a aferição de um forte indício de aumento de saciedade à medida que o OS foi incluído na dieta dos ovinos, porém este comportamento não se confirmou sobre os tempos de alimentação, ruminação e ócio em horas dia.

As eficiências de alimentação e ruminação da FDNc foram reduzidas em resposta ao comportamento dos dados de CFDNc, já que os tempos de alimentação e ruminação não foram influenciados pela inclusão de OS.

No entanto, influenciaram a manutenção do conteúdo de MS por bolo ruminado seguido pelo aumento no NM e TM por bolo ruminado e a redução da excreção de N fecal indicando possível adaptação fisiológica visando aumento na disponibilidade de nutrientes, através de ampliação da área de exposição das partículas da MS consumida pelos ovinos. Lima et al. (2019) encontraram o mesmo comportamento para as variáveis NM/bolo e TM/bolo na dieta de cordeiros em terminação confinados consumindo 50

g/kg de inclusão de OS na MS, sendo este aumento atribuído ao incremento na disponibilidade de nutrientes.

Balço de nitrogênio e metabólitos sanguíneos

A redução no consumo de N é justificada pela redução no CMS tendo em vista que as dietas eram isonitrogenadas. O N absorvido e N retido não sofreram influência da inclusão de OS, portanto a redução nas concentrações de NAR e N fecal com a inclusão de níveis crescentes de OS na dieta, pode indicar aumento na eficiência econômica e ambiental da utilização do nitrogênio (Newbold & Ramos-Morales, 2020).

A redução no aporte de N ingerido leva a adaptações fisiológicas dirigidas ao aumento da eficiência de utilização do N em pequenos ruminantes (Van Soest et al., 1994; Da Silva et al., 2020), indicada pela absorção igualitária de nitrogênio no organismo animal em todos os tratamentos, explicando assim o balanço de N observado ainda com a redução no consumo de N.

Fermentação ruminal

Embora o consumo de CNFc tenha sido reduzido pela inclusão de OS, não foram detectados aumento nos valores de pH na digesta ruminal dos ovinos, justificado pela manutenção na produção total de AGV e possivelmente a sustentação do tamponamento do rúmen, promovidas pela manutenção do tempo de ruminação (min/d), TMT e NBR. Além disso, a inclusão de fontes de AL na dieta de ovinos não promovem efeitos sobre o pH ruminal, sobretudo pela não utilização dos ácidos graxos de cadeia longa como substratos fermentativos para a produção de AGV (Zhao et al., 2016; Pavar et al., 2017; Sharifi et al., 2018).

É provável que a isomerização e biohidrogenação dos AGPI presentes no OS (Ferreira et al., 2016; Zhao et al., 2016; Freitas Júnior et al., 2018) não foram eficientes na modulação da fermentação ruminal, já que as concentrações de AGV, AC, propionato, butirato, relação acetato:propionato e metano % se mantiveram constantes com a inclusão da fonte de AL.

A provável manutenção dos compostos gliconeogênicos, como o propionato, e a manutenção da fermentação ruminal com a inclusão do OS, resultou em concentrações semelhantes de glicose sanguínea dos cordeiros.

No entanto, os ovinos apresentaram redução nas concentrações de NAR a medida que o OS foi incluído nas dietas. Esse achado pode ser atribuído à redução no consumo de PB, resultando menor consumo de compostos nitrogenados, promovendo menor aporte de substrato fermentativo para os microorganismos produtores de NAR. Esse comportamento foi semelhante ao descrito por Ferreira et al. (2016), indicando que a redução na concentração de NAR pode ter sustentado a menor excreção N, já que o aumento da excreção de N está correlacionada a altas concentrações de NAR (Rufino et al., 2020).

CONCLUSÃO

O óleo de soja não deve ser incluído como fonte de ácido linoléico em dietas para ovinos em confinamento, pois reduz o consumo de matéria seca e não é eficiente na modulação da fermentação ruminal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBA, H. D. R.; DE FREITAS JÚNIOR, J. E.; LEITE, L. C.; AZEVÊDO, J. A. G.; SANTOS, S. A.; PINA, D. S.; CIRNE, L.G. A.; RODRIGUES, C. S.; SILVA, W. P.; LIMA, V. G. O.; TOSTO, M. S. L.; DE CARVALHO, G. G. P. Protected or Unprotected Fat Addition for Feedlot Lambs: Feeding Behavior, Carcass Traits, and Meat Quality. **Animals**, v. 11, p. 328, 2021.

ALLEN, M.S. Drives and limits to feed intake in ruminants. **Animal Production Science**, v. 54, p. 1513–1524, 2014.

ANDREAZZI, A. S. R.; PEREIRA, M. N.; REIS, R. B.; PEREIRA, R. A. N.; MORAIS JÚNIOR, N. N.; ACEDO, T. S.; HERMES, R. G.; CORTINHAS, C. S.; Effect of exogenous amylase on lactation performance of dairy cows fed a high-starch diet. **Journal of Dairy Science**, v. 101, p. 7199–7207, 2018.

AOAC – Association Official of Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 17^a ed., Gaithersburgs, Maryland: AOAC, 2000.

AOAC – Association Official of Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18^a ed., Gaithersburgs, Maryland: AOAC, 2006.

BARLETTA, R. V.; GANDRA, J. R.; BETTERO, V. P.; ARAÚJO, C. E.; DEL VALLE, T. A.; ALMEIDA, G. F.; DE JESUS, E. F.; MINGOTI, R. D.; BENEVENTO, B. C.; FREITAS JÚNIOR, J. E.; RENNÓ, F. P. Ruminant 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.

BETTERO, V. P.; DEL VALLE, T. A.; BARLETTA, R. V.; ARAÚJO, C. E.; DE JESUS, E. F.; ALMEIDA, G. F.; TAKIYA, C. S.; ZANFERARI, F.; PAIVA, P. G.; FREITAS JÚNIOR, J. E.; RENNÓ, F. P. Protected fat sources reduce fatty acid biohydrogenation and improve abomasal flow in dry dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 224, p. 30–38, 2017.

BRODERICK, G. A.; KANG, J. H. Automated simultaneous determination of ammonia and total amino acids in ruminal fluid and in vitro media. **Journal of Dairy Science**, v. 63, p. 64–75, 1980.

BURGER, P. J., PEREIRA, J. C., SILVA, J. F. C., VALADARES FILHO, S. C., CECON, P. R., CASALI, A. D. P. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 236-242, 2000.

CRUZ, C. H.; SANTOS, S. A.; CARVALHO, G. G. P.; AZEVEDO, J. A. G.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; MARIZ, L. D. S.; PEREIRA, E. S.; NICORY, I. M. C.; TOSTO, M. S. L.; ALBA, H. D. R. Estimating digestible nutrients in diets for small ruminants fed with tropical forages. **Livestock Science**, v. 249, p. 104532, 2021.

DA SILVA, L. O.; CARVALHO, G. G. P.; TOSTO, M. S. L.; LIMA, V. G. O.; CIRNE, L. G. A.; DE ARAÚJO, M. L. G. M. L.; PINA, D. S.; LEITE, V. M.; RODRIGUES, C. S.; MESQUITA, B. M. A. C. Effects of palm kernel cake in high-concentrate diets on carcass traits and meat quality of feedlot goats. **Livestock Science**, v. 246, p. 104456, 2020.

DIAS, L. S. B.; SILVA, D. S.; CARVALHO, G. G. P.; DE ARAÚJO, M. L. G. M. L.; DA SILVA, F. F.; PEREIRA, M. L. A.; GANDRA, J. R.; LIMA, V. G. O.; DOS SANTOS, A. C. S.; BULCÃO, L. F. A.; LEITE, V. M.; FREITAS JÚNIOR, J. E. Chitosan associated with whole raw soybean in diets for Murrah buffaloes on ruminal fermentation, apparent digestibility and nutrients metabolism. **Animal Science Journal**, v. 91, e13435, 2020.

FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V.; SUSIN, I.; GENTIL, R. S.; PARENTE, M. O. M.; NOLLI, C. P.; MENEGHINI, R. C. M.; MENDES, C. Q.; RIBEIRO, C. V. D. M. Nutrient digestibility and ruminal fatty acid metabolism in lambs supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. **Animal Feed Science and Technology**, v. 216, p. 30–39, 2016.

FREITAS JÚNIOR, J. E.; TAKIYA, C. S.; DEL VALLE, T. A.; BARLETTA, R. V.; VENTURELLI, B. C.; VENDRAMINI, T. H. A.; MINGOTI, R. D.; CALOMENI, G. D.; GARDINAL, R.; GANDRA, J. R.; BETTERO, V. P.; DE JESUS, E. F.; OLIVEIRA, M. D. S.; RENNÓ, F. P. Ruminal biohydrogenation and abomasal flow of fatty acids in lactating cows fed diets supplemented with soybean oil, whole soybeans, or calcium salts of fatty acids. **Journal Dairy Science**, v.101, n. 3, p. 1-11, 2018.

HALL, M. B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen**. Gainesville: University of Florida, 2000.

JOHNSON, T. R.; COMBS, D. K. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethyleneglicol on dry matter intake of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.74, n. 3, p. 933-944, 1991.

KRAMER, J. K. C., FELLNER, V.; DUGAN, M. E. R.; SAUDER, F. D.; MOSSOBA, M. M.; YURAWECZ, M. P. Evaluating acid and base catalysts in the methylation of milk and rumen fatty acids with special emphasis on conjugated dienes and total trans fatty acids. **Lipids**, v. 32, p. 1219-1228, 1997.

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

LIMA, P. R.; APDINI, T.; FREIRE, A. S.; SANTANA, A. S.; MOURA, L. M. L.; NASCIMENTO, J. C. S.; RODRIGUES, R. T. S.; DIJKSTRA, J.; GARCEZ NETO, A. F.; QUEIROZ, M. A. Á.; MENEZES, D. R. Dietary supplementation with tannin and soybean oil on intake, digestibility, feeding behavior, ruminal protozoa and methane emission in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 249, p. 10–17, 2019.

MATHEW, S.; SAGATHEMAN, S.; THOMAS, J.; MATHEN, G. An HPLC method for estimation of volatile fatty acids of ruminal fluid. **Indian Journal of Animal Science**, v. 67, p. 805–807, 1997.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.

MOSS, A. R.; JOUANY, J. P.; NEWBOLD, J. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de zootechnie**, v. 49, p. 231–253, 2000.

NEWBOLD, C. J. & RAMOS-MORALES, E. Review: Ruminal microbiome and microbial metabolome: effects of diet and ruminant host. **Animal**, n.14, p. 78–86, 2020. supl. 1.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7^a ed. Washington. D.C.: National Academic Press, 2001. 405 p.

NRC - National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. Washington, DC: National Academy Press, 2007. 384 p.

O'FALLON, J. V.; BUSBOOM, J. R.; NELSON, M. L.; GASKINS, C. T. A direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and feedstuffs. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 1511-1521, 2007.

PARENTE, M. O. M.; ROCHA, K. S., BESSA, R. J. B.; PARENTE, H. N.; ZANINE, A. M.; MACHADO, N. A. F.; LOURENÇO JÚNIOR, J. B.; BEZERRA, L. R.; LANDIM, A.V.; ALVES, S. P. 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.

PARVAR, R.; GHOORCHI, T.; SHARGH, M.S. Influence of dietary oils on performance, blood metabolites, purinederivatives, cellulase activity and muscle fatty acid composition infattening lambs. **Small Ruminant Research**, v. 150, p. 22–29, 2017.

POLLI, V. A.; RESTLE, J.; SENNA, D. B.; ALMEIDA, R. S. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n. 5, p. 987-993, 1996.

RUFINO, L. M. A.; BATISTA, E. D.; RODRIGUES, J. P. P.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; COSTA E SILVA, L. F.; DETMANN, E. Effects of the amount and frequency of nitrogen supplementation on intake, digestion, and metabolism in cattle fed low-quality tropical grass. **Animal Feed Science and Technology**, v. 260, p. 114367, 2020.

SAS - Statistical Analysis System. Version 9.2. Cary, CN, USA: SAS Institute Inc. 2009.

SHARIFI, M.; BASHTANI, M.; NASERIAN, A. A.; FARHANGFAR, H.; EMAMI, A. The effect of grapeseed oil on performance, rumen fermentation, antioxidant status and subcutaneous adipose fatty acid profile in lambs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 102, p. 157–165, 2018.

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

VAN CLEEF, F. O. S.; EZEQUIEL, J. M. B.; D’AUREA, A.P.; ALMEIDA, M. T. C.; PEREZ, H. L.; VAN CLEEF, E. H. C. B. Feeding behavior, nutrient digestibility, feedlot performance, carcass traits, and meat characteristics of crossbred lambs fed high

levels of yellow grease or soybean oil. **Small Ruminant Research**, v.137, p. 151–156, 2016.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2^a ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, 1994. 528 p.

VARGAS, J. E; ANDRÉS, S.; LÓPEZ-FERRERAS, L.; SNELLING, T. J.; YÁÑEZ-RUÍZ, D. R.; GARCÍA-ESTRADA, C.; LÓPEZ, S. Dietary supplemental plant oils reduce methanogenesis from anaerobic microbial fermentation in the rumen. **Scientific Reports Nature Research**, v. 10, p. 1613, 2020.

ZHAO, T.; MA, Y.; QUA, Y.; LUO, H.; LIU, K.; ZUO,Z.; LU, X. Effect of dietary oil sources on fatty acid composition of ruminaldigesta and populations of specific bacteria involved in hydrogenationof 18-carbon unsaturated fatty acid in finishing lambs. **Small Ruminant Research**, v. 144, p. 126–134, 2016.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O óleo de soja deve ser utilizado em até 30 g/kg na matéria seca na dieta de cordeiros em terminação em sistema de confinamento, sendo alternativa para o incremento da densidade energética das dietas, eficiência alimentar e sustentabilidade do sistema de produção. Em contrastes às dietas ricas em amido, tradicionalmente utilizadas no confinamento, a inclusão de óleo de soja não compromete a fermentação ruminal e os parâmetros de digestibilidade, principalmente a fibra.

O aumento na eficiência alimentar e a redução da excreção de nitrogênio nas fezes trazem evidências de aumento no aproveitamento de componentes nutricionais, com potencial incremento da lucratividade e sustentabilidade dos sistemas de produção animal. Embora os cordeiros alimentados com 30 g/kg de inclusão de óleo de soja na matéria seca da dieta tenham apresentado pequena redução na produção de carcaça quente (20,1 vs 19,6 kg) houve manutenção nos parâmetros qualitativos da carne e das notas maiores notas atribuídas à aceitabilidade da carne pelos consumidores.

Deste modo, a carne de cordeiros alimentados com o nível de inclusão recomendado de óleo de soja (30 g/kg da MS) pode ser incluída no seguimento de carnes *Premium*, no qual se alia maior valor agregado. No entanto, é preciso avançar quanto à quantificação do perfil de ácidos graxos da carne e do potencial oxidativo da carne, que apresenta influência direta sobre o tempo de prateleira desse produto durante o armazenamento e comercialização.