



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE
CORDEIROS CONFINADOS**

CAMILA DE OLIVEIRA NASCIMENTO

**SALVADOR – BAHIA
NOVEMBRO 2022**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

CAMILA DE OLIVEIRA NASCIMENTO
Médica Veterinária

SALVADOR – BAHIA
NOVEMBRO 2022

CAMILA DE OLIVEIRA NASCIMENTO

**GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE
CORDEIROS CONFINADOS**

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

Co-orientadora: Prof^a. Dr. Douglas dos Santos
Pina

Tese apresentada ao Programa de Pós Graduação
em Zootecnia da Universidade Federal da Bahia,
como requisito parcial para a obtenção do Título de
Doutora em Zootecnia.

SALVADOR – BAHIA

NOVEMBRO 2022

Dados internacionais de catalogação-na-publicação
(SIBI/UFBA/Biblioteca Universitária Reitor Macedo Costa)

Nascimento, Camila de Oliveira.

Gérmem integral de milho na alimentação de cordeiros confinados / Camila de Oliveira

Nascimento. - 2022.

78 f. : il.

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

Coorientador: Prof. Dr. Douglas dos Santos Pina.

Tese (doutorado) - Universidade Federal da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Salvador, 2022.

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

CDD - 636.39

CDU - 636.39

GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS CONFINADOS

Camila de Oliveira Nascimento

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

Salvador, 11 de novembro de 2022

Comissão examinadora:


Dr. Gleidson Jordano Pinto de Carvalho

UFBA

Orientador / Presidente


Dr. Douglas dos Santos Pina

UFBA


Dra. Stefanie Alvarenga Santos

UFBA


Dr. Henry Daniel Ruiz Alba

UFBA


Dra. Maria Leonor Garcia Melo Lopes de Araújo

UFBA

“Acho que ainda não ganhei

Tudo o que rezei

Mas eu não durmo

Sem antes ter sonhado um tanto...”

(Um tanto – Banda Suricato)

*À mulheres que me
ensinaram a ser forte, gentil,
honestas e dedicadas: minha
mãe Natalice, minha avó
Idaildes e minhas tias
Soraia, Nádia e Nilzete,
dedico...*

Agradecimentos

A Deus, por todo seu amor e misericórdia para comigo, por me direcionar em todos os meus caminhos, sempre me dando paz, saúde, sabedoria, força e fé para prosseguir.

Aos meus pais Natalice e João, e ao meu irmão Neto, por todo amor, carinho e apoio em todas as minhas escolhas. Aos meus tios, tias, avós e primos, em especial minha tia Soraia Nascimento (*in memoriam*), por todo carinho, confiança, torcida e apoio.

Aos meus amigos, em especial aqueles que dividiram comigo todos esses anos de graduação e pós-graduação, sempre me apoiando e ajudando a superar minhas limitações, entre eles, Thanielle, Tamara, Aline, Ton, Harry, Jhow e Kary.

Aos amigos que a UFBA me deu, em especial Thomaz, William, Henry e Mateus que me deram a mão para seguirmos juntos nessa, do início até sempre. Aos demais amigos, Maria Leonor, Henry Daniel, Susiane, Cláudia, Pâmela, Isadora, Gisele, Fernanda por todo apoio, amizade e companheirismo durante essa jornada.

Ao meu orientador, Gleidson Giordano por todos os ensinamentos, pela amizade, por acreditar e confiar em mim e pela oportunidade de conviver e desenvolver pesquisas científicas com ele todos esses anos.

Ao meu co-orientador Douglas Pina pela orientação recebida, por todo apoio, ensinamentos, paciência e disponibilidade para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal da Bahia pela oportunidade da realização dessa pós-graduação em zootecnia.

À FAPESB pela concessão da bolsa de estudos do doutorado.

E por fim, não menos importante, às pessoas que auxiliaram no experimento e na condução das análises dentre eles os estagiários e pós graduandos do grupo GENFOR e aos colaboradores da Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos.

Muito obrigada a todos!

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	3
CAPÍTULO 1.....	5
GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO COMO UMA FONTE DE ENERGIA NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS: DESEMPENHO METABÓLICO E PRODUTIVO	5
RESUMO:.....	6
INTRODUÇÃO	8
MATERIAL E MÉTODOS.....	9
RESULTADOS.....	18
DISCUSSÃO	25
CONCLUSÃO	28
REFERÊNCIAS	28
CAPÍTULO 2.....	35
EFEITOS DO GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO, FONTE DE ÁCIDO LINOLÉICO, NAS CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS CONFINADOS.....	35
RESUMO:.....	36
INTRODUÇÃO	38
MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
RESULTADOS.....	48
DISCUSSÃO	52
CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS	66

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1** – Proporção dos ingredientes e composição química-bromatológica das dietas e do gérmen integral de milho (GIM). -----10
- Tabela 2**– Consumo e coeficiente de digestibilidade dos componentes nutricionais de cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho. -----19
- Tabela 3** – Balanço aparente de nitrogênio de cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho. -----20
- Tabela 4** – Consumo de componentes nutricionais e composição efetivamente consumida em cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho. -----21
- Tabela 5**– Concentração de metabólitos e enzimas hepáticas no sangue em cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho. -----22
- Tabela 6** – Comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho. -----23
- Tabela 7** – Desempenho de cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho. -----24

CAPÍTULO 2

- Tabela 1** – Proporção dos ingredientes e composição química-bromatológica das dietas e do gérmen integral de milho (GIM). -----
40
- Tabela 2** – Consumos médios totais durante todo o período experimental, medidas quantitativas, subjetivas e morfométricas da carcaça de cordeiros submetidos a dietas contendo gérmen integral de milho (GIM). -----48

Tabela 3 – Características físico-químicas, composição centesimal e atributos sensoriais do músculo *longissimus lumborum* de cordeiros submetidos a dietas contendo gérmen integral de milho. -----50

Tabela 4 – Perfil de ácidos graxos (mg/kg de carne) da carne de cordeiros submetidos a dietas contendo gérmen integral de milho. -----51

Tabela 5 – Somatórios (mg/kg de carne) e relações dos ácidos graxos, atividades de enzimas e índices de qualidade nutricional da fração lipídica dos ácidos graxos do músculo *longissimus lumborum* de cordeiros submetidos a dietas contendo gérmen integral de milho. -----52

INTRODUÇÃO

A utilização de alimentos com altos teores gordura em dietas para ruminantes é uma ferramenta que, quando utilizada corretamente, contribui para uma maior densidade energética, oferta de ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis na dieta, além de aumentar a eficiência da utilização de energia metabolizável para o crescimento por reduzir o incremento calórico (Renaudeau et al., 2012). Aliado a isso, os ovinos são animais menos exigentes nutricionalmente e que se adequam a desafios dietéticos de forma rápida e eficiente. Há uma diversidade de produtos e coprodutos vegetais ricos em ácidos graxos essenciais, como o ácido linoléico, ácido graxo essencial na nutrição humana e que é encontrado em grandes concentrações no grão de milho (Saossem et al., 2009) oferecendo um perfil nutricional excelente para esses animais.

A competição pelo uso do milho na alimentação humana, na indústria e na alimentação animal tem tornado este ingrediente cada vez mais oneroso. Entretanto, a industrialização do milho é uma atividade que gera grandes e variadas quantidades de produtos e coprodutos, os quais possuem potencial nutritivo para a alimentação animal, dentre eles destaca-se o gérmen integral de milho (Makkar, 2017).

O gérmen integral de milho (GIM) é obtido por degerminação do grão de milho por via úmida (Lima et al., 2012), sendo resultado da trituração do grão, do gérmen, do tegumento e das partículas amiláceas (Brito et al., 2005). Devido a sua composição, o GIM parece ser um coproduto com potencial para substituir outros ingredientes em dietas para ruminantes. Níveis de proteína bruta entre 10 a 15% são verificados no GIM (Urbano et al., 2014; Abdelqader et al., 2009), além de teores de extrato etéreo que variam entre 15 a 44%, (Urbano et al., 2014; Albuquerque et al., 2014) e ácido linoleico entre 44% e 56% (Nascimento et al., 2021; Miller et al., 2009), o que o caracteriza como importante fonte de energia.

Assim, a utilização deste coproduto em dietas para cordeiros confinados poderá gerar nova alternativa de ingrediente energético para substituir àqueles de alto custo, a exemplo do milho, nos sistemas de produção. Dessa forma, hipotetiza-se que, considerando suas características nutricionais, o GIM pode ser utilizado parcialmente em dietas para cordeiros, como fonte de energia e contribuir para o aporte de ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico, sem alterar a eficiência alimentar e desempenho produtivo animal.

Desta forma, dois experimentos simultâneos foram realizados com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão do GIM sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, comportamento ingestivo, desempenho produtivo e qualidade da carne de cordeiros confinados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdelqader, M.M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., Schingoethe, D.J., Karges, K., Gibson, M.L. 2009. Evaluation of corn germ from ethanol production as an alternative fat source in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science.*, 92(3), 1023-1037. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1207>.

Albuquerque, C. S., Rabello, C. B. V., Santos, M. J. B., Lima, M. B. D., Silva, E. P. D., Lima, T. S., & Dutra Jr, W. M. 2014. Chemical composition and metabolizable energy values of corn germ meal obtained by wet milling for layers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 16(1), 107-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-635X2014000100015>

Brito, A.B.D., Stringhini, J.H., Cruz, C.P.D., Xavier, S.A.G., Leandro, N.S.M., Café, M.B. 2005. Effect of whole corn germ on broiler carcass performance and yield. *Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 57(2), 241-249. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352005000200017>.

Lima, A. G. V. O., Silva, T. M., Bezerra, L. R., Pereira, E. S., Barbosa, A. M., Ribeiro, R. D. X., Oliveira, R. L. 2018. Intake, digestibility, nitrogen balance, performance and carcass traits of Santa Ines lamb fed with sunflower cake from biodiesel production. *Small of Ruminant Research*, 168, 19-24. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.09.003>

Makkar, H. 2017. Opinion paper: Food loss and waste to animal feed. *Animal*, 11(7), 1093-1095. doi:10.1017/S1751731117000702

Miller, W.F., Shirley, J.E., Titgemeyer, E.C., Brouk, M.J. 2009. Comparison of full-fat corn germ, whole cottonseed, and tallow as fat sources for lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science.*, 92(7), 3386-3391. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2118>.

Nascimento, C. O., Pina, D. S., Cirne, L. G., Santos, S. A., Araújo, M. L., Rodrigues, T. C., Carvalho, G. G. 2021. Effects of Whole Corn Germ, A Source of

Linoleic Acid, on Carcass Characteristics and Meat Quality of Feedlot Lambs. *Animals*, 11(2), 267. <https://doi.org/10.3390/ani11020267>

Renaudeau, D., Collin, A., Yahav, S., De Basilio, V., Gourdine, J. L., Collier, R. J. 2012. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. *Animal*, 6(5), 707-728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>

Saoussem, H., Sadok, B., Habib, K., & Mayer, P. M. 2009. Fatty acid accumulation in the different fractions of the developing corn kernel. *Food Chemistry*, 117(3), 432-437. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.038>

Urbano, S. A., Ferreira, M. D. A., Madruga, M. S., Azevedo, P. S. D., Bispo, S. V., Silva, E. C. D. 2014. Gérmen do milho como substituto ao milho na dieta de ovinos Santa Inês confinados: composição química e lipídica da carne. *Ciência e Agrotecnologia*, 38(6), 581-588. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000600007>

CAPÍTULO 1

GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO COMO UMA FONTE DE ENERGIA NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS: DESEMPENHO METABÓLICO E PRODUTIVO

GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO COMO UMA FONTE DE ENERGIA NA ALIMENTAÇÃO DE CORDEIROS: DESEMPENHO METABÓLICO E PRODUTIVO

Camila de O. Nascimento, Douglas dos S. Pina, Stefanie A. Santos, Maria L.G.M.L. de Araújo, Luis G.A. Cirne, Henry D.R. Alba, Thomaz C.G.C. Rodrigues, Willian P. Silva, Carlindo S. Rodrigues, Manuela S.L. Tosto e Gleidson G.P. de Carvalho

RESUMO: O objetivo deste estudo foi avaliar a inclusão dietética (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg MS) do gérmen integral de milho (GIM), uma fonte de energia, sobre o desempenho metabólico e produtivo dos cordeiros confinados. Para este fim, dois experimentos complementares foram realizados. No experimento I, testamos os efeitos dos níveis de inclusão do GIM no metabolismo de 10 cordeiros mestiços Santa Inês, machos, não castrados, distribuídos em dois quadrados latinos 5×5 (cinco períodos e cinco dietas). A digestibilidade dos carboidratos não fibrosos diminuiu ($P = 0,01$), enquanto a digestibilidade do extrato etéreo aumentou ($P < 0,01$) com a inclusão do GIM. O balanço de nitrogênio (N retido) não mudou ($P = 0,99$) de acordo com os níveis do GIM. No experimento II, testamos o efeito dos níveis de inclusão do GIM no desempenho de 40 cordeiros Santa Inês, machos, não-castrados distribuídos em delineamento inteiramente casualizados. Houve uma redução na ingestão da maioria dos componentes nutricionais ($P < 0,05$), exceto EE ($P < 0,01$), que aumentou com os crescentes níveis do GIM, porém não influenciou negativamente no desempenho produtivo dos animais.

Palavras-chave: Ácido graxo, nutrição de ruminantes, ovinos, concentrado, qualidade da carne, ácido linoleico.

**WHOLE CORN GERM AS AN ENERGY SOURCE IN THE FEEDING OF
FEEDLOT LAMBS: METABOLIC AND PRODUCTIVE PERFORMANCE**

Camila de O. Nascimento, Douglas dos S. Pina, Stefanie A. Santos, Maria L.G.M.L. de Araújo, Luis G.A. Cirne, Henry D.R. Alba, Thomaz C.G.C. Rodrigues, Willian P. Silva, Carlindo S. Rodrigues, Manuela S.L. Tosto and Gleidson G.P. de Carvalho

ABSTRACT: The aim of this study was to evaluate the dietary inclusion (0, 30, 60, 90 and 120 g/kg DM) of whole corn germ (WCG), a source of energy, on the metabolic and productive performance of feedlot lambs. To this end, two complementary experiments were carried out. In Experiment I, we tested the effects of WCG inclusion levels on the metabolism of 10 uncastrated male Santa Inês lambs, which were distributed into two 5 × 5 Latin square design (five periods and five diets). Non-fibrous carbohydrate digestibility decreased ($P = 0.01$), whereas ether extract digestibility increased ($P < 0.01$) with the inclusion of WCG. Nitrogen balance (retained N) did not change ($P = 0.99$) according to the WCG levels. In Experiment II, we tested the effect of WCG inclusion levels on the production performance of 40 uncastrated male Santa Inês lambs, in a completely randomized design. There was a reduction in the intake of nutritional components ($P < 0.05$), except EE ($P < 0.01$), which increased with the increasing WCG levels.

Keywords: Fat acid, nutrition of ruminants, sheep, concentrate, meat quality, linoleic acid.

INTRODUÇÃO

Quando utilizado adequadamente, a inclusão de ingredientes de alta gordura em dietas para ruminantes pode ser uma estratégia para aumentar a densidade energética, bem como fornecer ácidos graxos essenciais e vitaminas lipossolúveis. Além disso, esta prática pode aumentar a eficiência do uso da energia metabolizável para o crescimento, reduzindo o incremento calórico (Renaudeau et al., 2012). Os ovinos são animais que se adaptam de forma rápida e eficiente a desafios alimentares. Existe uma diversidade de produtos vegetais e subprodutos ricos em ácidos graxos essenciais, como o ácido linoléico, precursor do ácido linoleico conjugado (CLA), que é encontrado em grandes concentrações no grão de milho (Saossem et al., 2009).

O milho é um ingrediente cada vez mais caro devido à competição por seu uso na dieta humana, indústrias e ração animal. Por outro lado, a industrialização do milho gera grandes e variadas quantidades de produtos e subprodutos, que têm potencial nutricional para os animais. Um exemplo de tais subprodutos é o gérmen integral de milho (GIM) (Zhang et al., 2021).

O gérmen integral de milho é obtido pela degerminação úmida do grão de milho (Lima et al., 2012), e é o resultado da moagem dos grãos, germes, e partículas de amido (Brito et al., 2005). Devido à sua composição, o GIM parece ser um subproduto com o potencial de substituir outros ingredientes em dietas ruminantes. A composição química do GIM inclui um teor de proteína bruta de 10-15% (Urbano et al., 2014; Abdelqader et al., 2009), níveis de extrato de etéreo de 15-44% (Urbano et al., 2014; Albuquerque et al., 2014) e um teor de ácido linoleico entre 44 e 56% (Nascimento et al., 2021; Miller et al., 2009), que o caracterizam como uma importante fonte de energia.

Portanto, o uso deste subproduto nas dietas dos cordeiros confinados pode constituir uma nova fonte de energia alternativa para substituir ingredientes tradicionais de alto custo, como milho. Assim, hipotetiza-se que, levando em consideração as suas

características nutricionais, o GIM pode ser usado parcialmente em dietas de cordeiro como fonte de energia e contribuir para o fornecimento de ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico, sem alterar a eficiência ou desempenho produtivo de ovinos confinados.

Dois experimentos simultâneos foram realizados com o objetivo de avaliar os efeitos da inclusão de GIM sobre o consumo, digestibilidade, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, comportamento ingestivo e desempenho produtivo de cordeiros confinados.

MATERIAL E MÉTODOS

1. Comitê de ética, local de realização e manejo experimental

Os experimentos foram conduzidos sob a aprovação do Comitê de Ética sobre o Uso Animal da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia (aprovação nº 70/2018), seguindo as diretrizes do Conselho Nacional para o Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

Ambos experimentos foram conduzidos na Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, pertencente à Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos, Bahia, Brasil.

Todos os animais foram alojados em baias individuais de 1,2m² (1,2 × 1,0m), cobertas, com piso ripado de madeira e suspensas, providas de bebedouros e comedouros com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais. Os animais foram identificados, tratados para controlar endo e ectoparasitas e vacinados contra clostridiose e raiva no início do experimento.

Em ambos os experimentos, os animais foram alimentados com silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como volumoso e concentrado composto por milho em grão moído, farelo de soja, ureia, núcleo mineral específico para ovinos e gérmen integral de milho, com proporção de 500 g/kg MS volumoso e 500 g/kg MS concentrado (Tabela 1). As dietas foram formuladas com o objetivo de atender aos requisitos de cordeiros com

um ganho de peso médio estimado de 200 g, de acordo com as recomendações do National Research Council (NRC, 2007). As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia (9h00 e 16h00), de forma a permitir entre 10 e 20% de sobras.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química-bromatológica das dietas e do gérmen integral de milho (GIM).

Item	Gérmen integral de milho (g/kg MS)					GIM
	0	30	60	90	120	
Proporções dos ingredientes (g/kg MS)						
Silagem de sorgo	500	500	500	500	500	-
Milho moído	330	303	276	248	221	-
Farelo de soja	145	142	139	137	134	-
GIM	0	30	60	90	120	-
Ureia	10	10	10	10	10	-
Núcleo mineral ^a	15	15	15	15	15	-
Composição química (g/kg MS)						
Matéria seca (MS)	594	595	596	596	597	920
Composição química (g/kg MS)						
Matéria orgânica	843	844	845	846	847	911
Matéria mineral	37	37	37	37	36	93
Proteína bruta	175	175	174	174	174	137
Extrato etéreo	31	42	54	65	76	414
Fibra em detergente neutro	394	402	409	416	423	418
Fibra em detergente ácido	198	203	208	213	218	208
PIDN ^b	7.6	7.4	7.3	7.2	7.0	11
PIDA ^c	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	3.0
Celulose	96	100	104	108	112	159
Hemicelulose	196	198	200	202	204	210
Lignina	102	103	104	105	106	48
Carboidratos não fibrosos	360	343	325	307	289	21
Perfil de ácidos graxos (mg/kg da dieta)						
Total	21877	33484	45091	56688	68295	434910
Caprílico (C8:0)	4.0	5.0	6.0	6.0	7.0	2.0
Cáprico (C10:0)	36	41	47	52	57	247
Laurico (C12:0)	50	55	60	66	71	287
Mirístico (C14:0)	419	575	730	885	1041	6035
Palmitico (C16:0)	3392	4924	6457	7989	9522	58344
Palmitoleico (C16:1)	81	103	125	146	168	875
Esteárico (C18:0)	724	1016	1309	1601	1894	11181
Oleico (C18:1 n-9)	5848	9937	14026	18108	22197	150108
Linoleico (C18:2 n-6)	9974	15079	20183	25283	30387	192030
α -linolenico (C18:3 n-3)	517	599	680	763	844	3485

^aNíveis de garantia (por kg de elementos ativos): 3.800 mg zinco, 147 g sódio, 2.000 mg manganês, 15 mg cobalto, 590 mg cobre, 18 g enxofre, 20 mg selênio, 50 mg iodo, 20 mg cromo, 300 mg molibdênio, 110 g cálcio, 135 g cálcio máximo, 870 mg flúor máximo, 87 g fósforo.

^b Proteína insolúvel em detergente neutro.

^c Proteína insolúvel em detergente ácido.

2. Experimento 1

2.1. Animais, Design Experimental e Dietas

Dez ovinos machos, não castrados, com aproximadamente quatro meses de idade, peso corporal médio de $20,4 \pm 3,6$ kg (média \pm derivação padrão), foram distribuídos em dois quadrados latinos 5×5 representados por cinco animais e cinco dietas experimentais (níveis de GIM de 0, 30, 60, 90 ou 120 g / kg de MS). O experimento foi dividido em cinco sub-períodos (15 dias de adaptação às dietas e cinco dias de dados e coleta de amostras).

2.2. Consumo de nutrientes

Para avaliação do consumo dos componentes nutricionais, as quantidades de alimento ofertado e sobras foram registrados diariamente. Semanalmente, amostras das dietas e sobras foram coletadas e armazenadas em embalagens plásticas e mantidas em freezer a -20 °C. Posteriormente, as amostras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas em moinho de facas tipo *Willey* com peneira de crivos de 1 mm e 2 mm, embalado e armazenado para posteriores análise em laboratório. O consumo de componentes nutricionais (g) foi calculado pela diferença entre a quantidade do nutriente presente nos alimentos fornecidos e nas sobras.

2.3. Coleta de fezes e ensaio de digestibilidade dos nutrientes

O ensaio de digestibilidade ocorreu entre o 14º e 20º dia de cada período experimental. Os dois primeiros dias foram usados para adaptar os animais às bolsas coletoras, seguido de cinco dias subsequentes de coleta total de fezes. As fezes foram coletadas diretamente em bolsas coletoras, duas vezes por dia (às 11h00 e às 16h00). Em seguida, foi registrada a produção total de fezes de cada animal sendo retiradas alíquotas

de aproximadamente 10% do total coletado, armazenadas em sacos plásticos individuais identificados e congeladas em freezer a -20 °C. Durante o ensaio de digestibilidade, as amostras dos alimentos fornecidos e das sobras foram coletadas diariamente.

O coeficiente de digestibilidade (CD) das frações nutricionais foi calculada utilizando a seguinte fórmula:

$$CD = [(Nutriente consumido_{(g)} - Nutriente nas fezes_{(g)}) / Nutriente consumido_{(g)}] \times 100.$$

Em que: nutriente consumido_(g) = nutriente fornecido_(g) – nutriente nas sobras_(g).

2.4. Coleta de urina e ensaio do balanço de nitrogênio

No 16º e 17º dia de cada período experimental foram acoplados funis coletores de urina nos animais para a adaptação dos mesmos. Entre os dias 18º e 20º ocorreu a coleta de urina total, por meio de mangueiras acopladas aos funis para conduzir a urina ao recipiente de plástico com 100 mL de H₂SO₄ a 20% (v/v) (Chizzotti et al., 2008). No final de 24 horas, o pool de urina era pesado, homogeneizado, filtrado através de duas camadas de tecido de gaze e retirada uma alíquota de 10% do total coletado e armazenada a -20 °C até o momento das análises.

A determinação de nitrogênio nas amostras dos alimentos ofertados, sobras, fezes e urina foram realizadas em concordância com os métodos da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005; Método 968.06).

O balanço aparente de nitrogênio (BN) foi calculado pelas seguintes fórmulas:

$$BN \text{ ou } N_{\text{retido}} = N_{\text{ingerido}} - (N_{\text{fezes}} + N_{\text{urina}});$$

$$N_{\text{absorvido}} = N_{\text{ingerido}} - N_{\text{fezes}}; \text{ e}$$

$$N_{\text{ingerido}} = N_{\text{supplied}} - N_{\text{orts.}}$$

3. Experimento II

3.3. Animais, delineamentos experimentais e dietas

Quarenta cordeiros da raça Santa Inês, machos, não castrados, com aproximadamente 4 meses de idade e peso corporal médio de $22,1 \pm 4,0$ kg, distribuídos em delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco dietas experimentais (níveis de gérmen integral de milho de 0, 30, 60, 90 e 120 g/kg MS) (tratamentos) e oito repetições (animais). A duração total do experimento foi de 82 dias, com um período experimental de 67 dias e 15 dias para adaptação dos animais ao ambiente, manejo e dietas.

3.4. Consumo efetivo de nutrientes

A coleta e processamento dos dados e amostras para avaliação do consumo dos componentes nutricionais do experimento II ocorreu da mesma forma descrita para o experimento I, assim como a estimativa do consumo dos componentes nutricionais. Os componentes nutricionais na dieta efetivamente consumida foram obtidos por meio da divisão do consumo de cada nutriente pelo consumo de MS e o resultado foi multiplicado por 100.

3.5. Comportamento ingestivo

No 25º e 40º dia do período experimental, todos os animais foram submetidos à observação visual para avaliação do comportamento ingestivo. Foram realizadas observações a cada 5 minutos, durante 24 horas, para cálculo do tempo despendido com as atividades de alimentação, ruminação e ócio (Johnson & Combs, 1991). Com o auxílio de um cronômetro digital, no mesmo dia foi realizada a contagem do número de mastigações meréricas e tempo despendido na ruminação de cada bolo ruminal. Para essa avaliação, foram feitas observações de três bolos ruminais, em três períodos diferentes do

dia (10-12; 14-16 e 19-21 horas), medindo-se a média do número de mastigações merísticas e o tempo gasto por bolo ruminal. Durante à noite o ambiente foi mantido em iluminação artificial.

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

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

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

$$NBR \text{ (n}^\circ\text{/dia)} = \text{TRU (s/dia)} / \text{tempo de mastigações merísticas por bolo ruminal (MMtb), s/bolo}; \text{ e}$$

$$NMMnd \text{ (n}^\circ\text{/dia)} = \text{NBR} \times \text{número de mastigações merísticas por bolo, MMnb (n}^\circ\text{/bolo)}.$$

3.6. *Metabólitos sanguíneos*

No 60º dia do período experimental foi realizada a coleta de 10 mL de amostra de sangue em tubos *vacutainer* contendo anticoagulante (EDTA), quatro horas após primeira alimentação. Imediatamente, as amostras foram centrifugadas a 3.500 rpm por 15 minutos para a obtenção do plasma. Posteriormente, o plasma obtido foi transferido para os tubos Eppendorfs identificados e armazenado a -20 ° C para análises adicionais.

As concentrações plasmáticas de colesterol e triglicerídeos foram determinados utilizando-se a técnica enzimática líquida. Já as proteínas plasmáticas totais e albumina foram realizadas por método colorimétrico e o teor de globulina calculado pela diferença entre o teor de proteína total e albumina, sendo os valores expressos em g/dL.

As concentrações plasmáticas das enzimas para avaliação do metabolismo hepático, aspartato-aminotransferase (AST), alanina-aminotransferase (ALT) e gama-glutamilttransferase (GGT) foram mensuradas por sistema cinético.

As análises dos metabólitos plasmáticos foram procedidas utilizando-se kits comerciais (Doles®), sendo as leituras realizadas por espectrofotômetro semi-automático (SBA 200®, CELM, São Caetano do Sul, Brasil) de acordo com os respectivos comprimentos de ondas, no Laboratório de Nutrição Animal (LANA) da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

3.7. Desempenho

Para determinação do desempenho, os cordeiros foram pesados no primeiro e último dia experimental, após 16 horas de jejum de sólidos. Foram calculados o ganho médio total (GMT), o ganho médio diário (GMD), e a eficiência alimentar (EA).

3.8. Análises laboratoriais

Nos experimentos I e II, as análises de matéria seca (MS; método 934.01), cinzas (método 942.05), proteína bruta (PB; método 968.06) e extrato etéreo (EE; método 920.39) foram realizadas de acordo com a Association of Analytical Chemists - AOAC (2005). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), foram determinadas de acordo com Mertens (2002) e Van Soest et al., (1991), respectivamente. A lignina foi determinada de acordo com o método 973.18 da AOAC (2002), no qual o resíduo de FDA foi tratado com ácido sulfúrico a 72%. O conteúdo de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) foram determinados de acordo com Licitra et al. (1996).

Os carboidratos não-fibrosos (CNF) das dietas foram calculados utilizando o valor do FDN expresso sem cinzas e conteúdo de proteína utilizando a seguinte equação

proposta por Hall (2000), em que $CNF_{cp} = 100 - ((\%PB_{dieta} - \%PB_{ureia} + \%Ureia_{dieta}) + \%EE + FDN_{cp} + \%cinzas)$.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foram estimados usando as equações para pequenos ruminantes propostos por Da Cruz et al. (2021). Já a energia metabolizável foi estimado como proposto por Weiss e Tebbe (2019).

3.9. Perfil de ácidos graxos

Para obtenção dos ácidos graxos do músculo das dietas e do GIM foi empregado o método direto de sínteses de ácidos graxos metil éster (synthesis of fatty acid methyl esters - FAME), segundo O'Fallon et al. (2007).

Uma alíquota de 0,5 g de amostra seca foi colocada em tubo de cultura pyrex de 16 x 125 mm o qual continha 1,0 ml de padrão interno C19:0 (189-19 Sigma Aldrich; 10 mg of C19:0/mL of MeOH), sendo adicionado 0,7 mL de 10N KOH em água e 5,3 mL de MeOH. Os tubos foram incubados a 55 °C em banho maria por 1,5 h com agitação vigorosa a cada 20 min para permear, dissolver e hidrolisar a amostra. Depois de resfriada em banho maria gelado, 0,58 ml de 24N H₂SO₄ em água foram adicionados. O conteúdo dos tubos foi misturado por agitação e precipitados com K₂SO₄ para, em seguida, ser incubado em banho maria a 55 °C por 1,5 h com agitação de 5 s a cada 20 min. Depois da sínteses de FAME, os tubos foram resfriados em banho maria gelado. 3ml de hexano foram adicionados e o conteúdo dos tubos foi misturado por 5 min em vortex. Imediatamente, os tubos foram centrifugados por 5 min e o sobrenadante com hexano contendo o FAME foi colocado dentro de vials CG. Os vials foram tampados e colocados a -20 °C até a análise por CG.

A composição de ácidos graxos do FAME foi determinada por capilaridade em CG SPTM-2560, 100m x 25 mm x 0,2 µm de porosidade (Supelco) instalado em um FOCUS CG equipado com detector de ionização de chama e injetor split (Thermo Scientific Inc.).

Hidrogênio (H₂) foi utilizado como gás de arraste (1 mL min⁻¹) e nitrogênio como gás auxiliar. A temperatura do injetor e detector foi de 250 °C, com Split de 15:1. A temperatura inicial foi de 70 °C por 4 min, incrementando a 13°C/min até 175 °C, mantida por 27 min, incrementada por 4 °C/min até 215 °C e mantida por 31 min (Kramer et al., 1997).

A identificação dos ácidos graxos das dietas foi realizada comparando os tempos de retenção dos FAMES com os padrões (padrão de 37 componentes da Supelco Inc.) e cromatogramas publicados (Kramer et al., (2002) e Bravo-Lamas et al., (2016)). A quantificação de FAMES foi realizada com base na equação proposta por Sukhija e Palmquist (1988): [((área total dos picos - área do padrão interno) / área do padrão interno) X (concentração do padrão interno / peso da amostra)]. O perfil de ácidos graxos foi expresso em miligramas de ácidos graxos por kg da dieta (mg/kg).

4. Análises estatísticas

Os resultados foram submetidos à análise estatística segundo delineamento em quadrado latino (5 x 5) duplicado (Experimento I) e delineamento inteiramente casualizado (Experimento II) utilizando-se o PROC MIXED do SAS 9.4 de acordo, respectivamente, com os seguintes modelos:

$$Y_{ijkl} = \mu + QLi + A(QLi)j + Pk + GIl + \epsilon_{ijkl},$$

Onde Y_{ijkl} = variável dependente; μ = média geral; QLi = efeito aleatório de quadrado latino (i = 1 a 2); A(QLi)j = efeito aleatório de animal dentro de quadrado latino (j = 1 a 5); Pk = efeito aleatório do período (k = 1 a 5); GIl = efeito fixo do de gérmen integral de milho (l = 0, 30, 60, 90 e 120 g/kg de MS), ϵ_{ijklm} = erro aleatório pressuposto NID $\sim(0, \sigma^2)$.

$$Y_{ij} = \mu + GI_i + \epsilon_{ij}$$

Onde Y_{ij} = variável dependente; μ = média geral; GI_i = efeito fixo do de germen integral de milho ($I = 0, 30, 60, 90$ e 120 g/kg de MS), ϵ_{ij} = erro aleatório pressuposto $NID \sim (0, \sigma^2)$.

Em ambos os modelos o efeito do nível de inclusão do germen integral de milho foi avaliado através do ajuste de contrastes polinomiais ortogonais para avaliar o efeito linear (-2 -1 0 +1 +2) e quadrático (+2 -1 -2 -1 +2). Para todas as avaliações considerou-se o nível de $\leq 5\%$ de probabilidade para o erro tipo I e $\leq 10\%$ para tendência.

RESULTADOS

Experimento I

Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

A inclusão de GIM na dieta dos cordeiros reduziu a ingestão de alguns componentes nutricionais, como a MS ($P < 0,01$) e MO ($P < 0,01$) de forma linear, bem como uma tendência de redução linear do consumo de FDN ($P = 0,09$). Por outro lado, a ingestão de PB ($P = 0,04$) e CNF ($P < 0,01$) apresentaram-se de forma quadrática, observando o valor mínimo de 188,9 g PB/dia no nível de 82 g/kg MS de GIM e 332,1 g CNF/dia no nível de 104 g/kg MS de GIM. Em contrapartida, o aumento dos níveis de GIM na dieta, contribuiu para o aumento da ingestão de EE ($P < 0,01$) (Tabela 2).

A digestibilidade dos componentes nutricionais não foi comprometida ($P > 0,05$) pela inclusão de GIM na dieta dos cordeiros. Exceto pelo aumento ($P < 0,01$) do EE, a diminuição linear ($P < 0,01$) dos CNF e o aumento linear ($P = 0,05$) da digestibilidade do NDT (Tabela 2).

Tabela 2– Consumo e coeficiente de digestibilidade dos componentes nutricionais de cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho.

Item ^a	Gérmen integral de milho (g/kg MS)					EPM ^b	Valor P ^c	
	0	30	60	90	120		L	Q
Consumo de nutrientes (g/ dia)								
MS	1232,1	1140,0	1003,1	1032,3	1051,3	52,02	< 0,01	0,06
MO	1185,1	1096,2	965,0	992,7	1010,1	50,36	< 0,01	0,06
PB	227,2	209,5	186,9	189,2	195,5	8,85	<0,01	0,04
EE	40,8	52,7	62,0	76,8	94,4	2,81	< 0,01	0,12
FDN	441,7	419,3	473,3	394,5	394,9	21,15	0,09	0,17
CNF	478,3	418,4	347,7	336,7	331,3	17,90	<0,01	0,02
NDT	810,5	798,5	692,2	712,0	755,6	45,81	0,19	0,19
Coeficiente de digestibilidade (%)								
MS	61,6	65,2	60,6	60,2	61,0	2,07	0,37	0,86
MO	64,1	67,1	62,7	62,5	63,2	1,97	0,32	0,96
PB	63,1	66,4	65,6	65,0	68,1	1,87	0,16	0,99
EE	80,0	85,2	86,8	87,4	89,5	0,77	<0,01	0,02
FDN	45,9	52,6	48,6	47,5	46,5	3,18	0,70	0,31
CNF	79,7	79,9	72,8	73,3	73,0	1,77	<0,01	0,34
NDT	65,2	69,8	67,8	68,9	71,4	1,75	0,05	0,88

^aMS = Matéria seca; MM = Matéria mineral; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra em detergente neutro; CNF = Carboidratos não fibrosos; ^bEPM = Erro padrão da média. ^cL = Linear; Q = Quadrática. Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

Balanço de nitrogênio

O aumento nos níveis de GIM na dieta dos cordeiros influenciou para um efeito quadrático ($P = 0,03$) na ingestão de nitrogênio e conseqüentemente, o nitrogênio

excretado nas fezes ($P = 0,02$). A mínima quantidade de nitrogênio ingerido foi de 30,3 g/dia observado no nível de 87 g/kg MS de GIM e o conteúdo mínimo de nitrogênio fecal foi 9,9 g/dia observado no nível de 88 g/kg MS de GIM. Apesar disso, o nitrogênio excretado na urina, além do nitrogênio retido e absorvido, não foram afetados pela inclusão de GIM ($P > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3 – Balanço aparente de nitrogênio de cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho.

Nitrogênio (g/dia)	Gérmen integral de milho (g kg/ MS)					EPM ^a	Valor P ^b	
	0	30	60	90	120		L	Q
Ingerido	36,4	33,5	29,6	30,5	31,2	1,41	<0,01	0,03
Fecal	13,2	11,1	9,8	10,4	10,1	0,60	<0,01	0,02
Urinarío	7,5	5,9	4,5	6,5	6,4	1,12	0,66	0,15
Absorvido	23,1	22,3	19,7	20,3	21,1	1,31	0,15	0,21
Retido	15,6	16,4	15,2	13,8	14,7	1,69	0,41	0,99

^aEPM = Erro padrão da média.

^bL = Linear; Q = Quadrática. Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

Experimento II

Consumo dos componentes nutricionais

Houve redução ($P < 0,01$) no consumo dos componentes nutricionais, com exceção do EE, no qual houve aumento ($P < 0,01$) do consumo. Por outro lado, o EE ($P < 0,01$), FDN ($P < 0,01$) e CNF ($P < 0,01$) efetivamente consumidos aumentaram (Tabela 4).

Tabela 4 – Consumo de componentes nutricionais e composição efetivamente consumida em cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho

Item ^a	Gérmem integral de milho (g/kg MS)					EPM ^b	Valor P ^c	
	0	30	60	90	120		L	Q
Consumo de nutrientes (g/ dia)								
MS	1427,4	1379,3	1262,7	1077,6	1152,3	44,48	<0,01	0,27
MM	37,8	35,9	32,0	27,9	29,1	1,31	<0,01	0,23
PB	146,5	139,4	125,0	113,5	112,7	4,42	<0,01	0,36
EE	32,6	40,5	44,9	47,3	54,7	1,34	<0,01	0,55
FDN	448,8	434,8	389,2	361,6	380,5	15,72	<0,01	0,18
CNF	261,6	253,6	232,6	217,4	218,3	7,73	<0,01	0,43
Composição efetivamente consumida da dieta (%)								
PBef	10,3	10,1	9,9	10,0	10,0	0,13	0,21	0,30
EEef	2,3	2,9	3,5	4,2	4,8	0,02	<0,01	0,21
FDNef	31,1	31,5	32,0	32,0	32,6	0,35	<0,01	0,89
CNFef	18,2	18,4	18,8	19,5	19,0	0,25	<0,01	0,24

^aMS = Matéria seca; MM = Matéria mineral; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra em detergente neutro; CNF = Carboidratos não fibrosos; PBef = Proteína bruta efetivamente consumida; EEef = Extrato etéreo efetivamente consumido; FDNef = Fibra em detergente neutro efetivamente consumido; CNFef = Carboidrato não fibroso efetivamente consumido;

^bEPM = Erro padrão da média.

^cL = Linear; Q = Quadrática. Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

Metabólitos sanguíneos

Houve elevação ($P = 0,03$) das proteínas plasmáticas totais com o aumento dos níveis de GIM na dieta. Contudo, o teor de albumina ($P = 0,01$), o teor de globulina ($P = 0,01$) e consequentemente a razão albumina : globulina ($P < 0,01$) apresentaram um efeito quadrático, onde o máximo teor de albumina (2,5 mg/dL) foi observado no nível de 29 g/kg MS de GIM. Em contrapartida, o mínimo teor de globulina (3,5 mg/dL) foi observado no nível de 30 g/kg MS de GIM. Dessa forma, o teor máximo da razão albumina : globulina foi de 0,72 mg/dL ao nível de 28 g/kg MS de GIM. A enzima AST

apresentou aumento ($P < 0,01$). Além disso, foi observada uma tendência quadrática ($P = 0,05$) na concentração de colesterol no sangue, diminuindo após a inclusão de GIM, em torno de 56 g/kg de MS (Tabela 5).

Tabela 5– Concentração de metabólitos e enzimas hepáticas no sangue em cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho.

Item ^a	Gérmen integral de milho (g/kg MS)					EPM ^b	Valor P ^c	
	0	30	60	90	120		L	Q
Metabólitos sanguíneos (mg/dL)								
Proteínas totais	6,10	6,03	5,94	6,31	6,55	0,17	0,03	0,10
Albumina	2,51	2,51	2,47	2,40	2,14	0,05	<0,01	0,01
Globulina	3,59	3,51	3,56	3,90	4,40	0,14	<0,01	0,01
A:G	0,70	0,72	0,69	0,63	0,49	0,02	<0,01	<0,01
Triglicerídeos	35,0	33,9	34,8	31,7	29,8	3,33	0,27	0,67
Colesterol	41,6	53,0	49,4	46,9	43,8	3,75	0,88	0,05
Enzimas hepáticas (UI/L)								
ALT	10,0	9,6	9,6	11,1	9,75	1,48	0,83	0,92
AST	76,4	79,6	87,0	91,8	90,4	4,08	<0,01	0,47
GGT	54,0	55,8	54,8	46,8	52,9	2,85	0,22	0,88

A:G = Relação albumina: globulina; GGT = Gama glutamil transferase; AST = (aspartato aminotransferase); ALT = Alanina aminotransferase. ^bEPM = Erro padrão da média. ^cL = Linear; Q = Quadrática. Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

Comportamento ingestivo e desempenho

Observou-se elevação ($P < 0,01$) no tempo de ruminação e redução ($P < 0,01$) no ócio (Tabela 6) com a inclusão do GIM na dieta. Na avaliação das mastigações meréricas, ocorreu aumento ($P < 0,01$) no número de mastigações por dia (Nº/dia), porém a

quantidade de MS por bolo ruminal (g MS/bolo) diminuiu ($P < 0,01$) nos animais alimentados com maiores níveis de GIM. A eficiência de alimentação e ruminação (g MS/hora) diminuíram ($P < 0,01$), por outro lado, a eficiência de alimentação (g FDN/hora) aumentou ($P = 0,03$) com a inclusão de GIM na dieta dos cordeiros. O tempo gasto por período de ruminação foi maior ($P = 0,01$) nos animais alimentados com maiores níveis de GIM (Tabela 6).

Tabela 6 – Comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho

Item ^a	Gérmen integral de milho (g/kg MS)					EPM ^b	Valor P ^c	
	0	30	60	90	120		L	Q
Alimentação (min/dia)	193,8	204,6	200,5	197,6	195,2	9,52	0,89	0,48
Ruminação (min/dia)	489,8	510,0	517,4	545,8	551,0	17,40	<0,01	0,89
Ócio (min/dia)	756,4	725,4	722,1	696,6	693,8	16,55	<0,01	0,58
Mastigação (Nº bolo/dia)	703	684	736	712	729	31,30	0,42	0,97
Mastigação (Nº/bolo/hora)	87,3	80,8	86,0	78,5	80,0	3,60	0,15	0,82
Mastigação (seg/bolo)	41,8	45,4	43,1	46,1	44,4	1,97	0,34	0,46
Mastigação (Nº/dia)	29392	30594	31036	32751	33054	1044,5	<0,01	0,89
Mastigação (g MS/bolo)	2,0	1,9	1,7	1,6	1,60	0,09	<0,01	0,48
Eficiência de alimentação								
g MS/hora	440,3	409,2	378,1	327,7	374,4	21,13	<0,01	0,09
g FDN/hora	126,6	124,8	133,8	134,2	143,6	6,17	0,03	0,56

Eficiência de ruminação

g MS/hora	183,8	162,7	145,3	125,0	132,1	6,12	<0,01	0,02
g FDN/hora	52,2	49,2	50,5	48,1	50,0	1,67	0,33	0,35

Número de períodos (nº/dia)

Alimentação	14	15	15	14	13	1,03	0,34	0,26
Ruminação	29	29	27	30	29	0,99	0,60	0,57
Ócio	40	40	38	40	39	1,40	0,64	0,83

Tempo gasto por período (min)

Alimentação	14,0	13,6	13,4	14,2	15,2	0,61	0,13	0,10
Ruminação	16,3	18,2	19,1	18,2	19,6	0,77	0,01	0,35
Ócio	19,1	18,6	19,0	17,5	18,4	0,87	0,35	0,80

^aMS = Matéria seca; FDN = Fibra em detergente neutro; Min = Minutos; Seg = Segundos; TMT = Tempo de mastigação total. ^bEPM = Erro padrão da média. ^cL = Linear; Q = Quadrática. Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

Os parâmetros produtivos para avaliar o desempenho não foram influenciados ($P > 0,05$) pela inclusão do GIM na dieta dos cordeiros confinados. No entanto, uma tendência ($P < 0,10$) de desempenho decrescente (GPT, GMD) foi observada em cordeiros alimentados com níveis crescentes de GIM. (Tabela 7).

Tabela 7 – Desempenho de cordeiros alimentados com dietas contendo gérmen integral de milho.

Item ^a	Gérmen integral de milho (g/kg MS)					EPM ^b	Valor P ^c	
	0	30	60	90	120		L	Q
PI (kg)	26,9	28,0	26,5	25,8	25,8	-	-	-
PF (kg)	42,7	43,5	42,1	41,8	41,5	0,71	0,07	0,64
GPT (kg)	16,3	16,6	15,2	14,3	15,2	0,82	0,08	0,61

GMD (g)	244	248	228	214	226	12,27	0,08	0,61
*EFA	181	180	182	202	196	0,008	0,07	0,82

^aPI = Peso inicial; PF = Peso final; GPT = Ganho peso total; GMD = Ganho médio diário; *EFA = Eficiência alimentar (g de ganho / kg de alimento ingerido). ^bEPM = Erro padrão da média. ^cL = Linear; Q = Quadrática. Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

DISCUSSÃO

Experimento I

A redução no consumo de MS em função dos níveis de GIM na dieta pode ser explicada pelo teor de EE e ácidos graxos poli-insaturados desse coproduto. Os ácidos graxos poli-insaturados, que chegam ao intestino são rapidamente absorvidos e oxidados no fígado, transmitindo sinais inibitórios ao hipotálamo, desencadeando à saciedade (Allen, 2020).

Níveis elevados de EE podem alterar o metabolismo ruminal e dificultar a degradação de outros componentes nutricionais (Silva et al., 2018), isso ocorre principalmente pela toxicidade que os ácidos graxos insaturados causam às bactérias ruminais. Entretanto o teor de EE ofertado pelo GIM, não afetou a digestibilidade dos componentes nutricionais, no presente estudo. Este fato sugere que, os ácidos graxos poli-insaturados do GIM (Tabela 1), podem ser protegidos do processo de biohidrogenação ruminal, sendo rapidamente absorvidos pelo intestino sem interferir no metabolismo ruminal dos animais (Alba et al., 2021). Além disso, o aumento do EE nas dietas pela inclusão dos níveis de GIM, resultou em um maior consumo desse nutriente, além de maior digestibilidade.

O consumo e a excreção fecal de nitrogênio, como esperado, seguiu o mesmo comportamento quadrático do consumo de PB. Porém a inclusão de GIM na dieta não influenciou na reciclagem de nitrogênio, sendo que o nitrogênio retido foi similar entre as dietas. Os valores observados estão de acordo com outros estudos que avaliam dietas

com perfis nutricionais semelhantes (Cirne et al., 2020; Oliveira et al., 2020; Lima et al., 2018).

Experimento II

Resultados de estudos utilizando o GIM em substituição ao farelo de milho na alimentação de ovinos demonstraram a diminuição do consumo de MS nos maiores níveis de GIM na dieta (Silva et al, 2013; Urbano et al., 2016, Nascimento et al., 2021). Como discutido anteriormente, o alto teor de EE, além do teor de ácidos graxos poli-insaturados contidos no GIM (Tabela 1), quando oxidados no fígado, ativam a saciedade diminuindo, dessa forma, o consumo da MS. Entretanto, o consumo de EE foi maior nas dietas com maiores níveis desse ingrediente. Contudo, os maiores níveis de EE, FDN e o CNF efetivamente consumidos podem ser explicados pelo teor destes componentes nutricionais no GIM (Tabela1), demonstrando que, do total de MS consumida as maiores proporções foram desses componentes nutricionais.

Dietas com maiores níveis de GIM, apresentaram maiores níveis de FDNcp (Tabela 1), este fator aliado à redução no consumo de MS, explica o aumento dos tempos de ruminação, o que inclusive resultou em aumento no número de mastigações. Situação similar foi identificada por Oliveira et al. (2017).

Como efeito compensatório ao possível efeito do EE na digestão da fibra, nas dietas com maiores níveis de GIM, os animais apresentaram maior eficiência de alimentação e ruminação da FDN, como demonstrado no presente estudo e em pesquisa realizada por Miotto et al. (2014). Segundo Mertens (1997), fatores relacionados a FDN contida na dieta, como o tamanho de partícula, além das frações digestível e indigestível, podem influenciar no comportamento ingestivo resultando em mudanças nos tempos de alimentação, ruminação e ócio. Em contrapartida, com a redução do consumo de MS, a eficiência de alimentação e ruminação de MS também foram reduzidas.

Apesar da redução no consumo de alguns componentes nutricionais, a inclusão de GIM na dieta dos cordeiros não influenciou no ganho de peso e eficiência alimentar, com respectivos valores de 232 g/dia e 188 g de ganho/kg de MS ingerida. O ganho de peso, portanto, foi adequado e de acordo com dieta balanceada. O perfil de ácidos graxos de cadeia longa do GIM (Tabela 1) pode ter contribuído para maior densidade energética da dieta. Além disso, pode também ter condicionando os cordeiros ao maior aproveitamento da proteína dietética para o crescimento muscular e o uso da energia alimentar para a manutenção fisiológica (De Souza et al., 2017, Nascimento et al., 2021).

Os valores de eficiência alimentar encontrados neste estudo, corroboram com valores considerados normais (aproximadamente 200 g de ganho por kg de MS ingerida) para cordeiros mestiços Santa Inês (Souza et al., 2013). A similaridade da eficiência alimentar entre as dietas confirma que apesar das alterações metabólicas que causaram efeito no consumo, os animais foram eficientes em usar a energia das dietas efetivamente consumidas.

A avaliação dos metabólitos sanguíneos é importante para verificar o status nutricional e metabólico dos animais. Nesse sentido, observamos o aumento nas concentrações de proteínas plasmáticas totais, indicando que as dietas com inclusão de GIM não comprometeram negativamente, o metabolismo proteico. A diminuição discreta nos níveis de albumina levou, conseqüentemente, a redução na relação albumina:globulina. Além disso, o aumento nos níveis de AST, que é uma enzima indicativa do perfil hepático, sugere uma leve lesão hepática, provavelmente pelo alto teor de EE da dieta, já que o metabolismo lipídico ocorre no fígado. Como a albumina é metabolizada nesse órgão, uma lesão, mesmo que leve, pode comprometer a produção dessa proteína (Bouda & Queiroz-Rocha, 2000). Entretanto, os níveis dos metabólitos

sanguíneos avaliados, estão dentro dos valores de referência preconizados para ovinos adultos saudáveis (Kaneco et al., 2008, Abdel-Ghani et al., 2011).

CONCLUSÃO

Com base no perfil metabólico, eficiência alimentar e desempenho produtivo dos animais, recomenda-se o uso de gérmen integral de milho em até 120g/kg de MS, como fonte energética alternativa alimentar, em dietas para cordeiros confinados.

REFERÊNCIAS

Abdel-Ghani, A.A.; Solouma, G.A.; Kassab, A.Y.; Soliman, E.B. Productive performance and blood metabolites as affected by protected protein in sheep. 2011. *Journal of Animal Science*, 1, 24. <https://doi.org/10.4236/ojas.2011.12004>.

Abdelqader, M.M.; Hippen, A.R.; Kalscheur, K.F.; Schingoethe, D.J.; Karges, K.; Gibson, M.L. 2009. Evaluation of corn germ from ethanol production as an alternative fat source in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science*, 92, 1023–1037. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1207>.

Alba, H.D.R.; Freitas Júnior, J.E.D.; Leite, L.C.; Azevêdo, J.A.; Santos, S.A.; Pina, D.S.; Carvalho, G.G. Protected or unprotected fat addition for feedlot lambs: Feeding behavior, carcass traits, and meat quality. 2021. *Animals*, 11, 328. <https://doi.org/10.3390/ani11020328>.

Albuquerque, C.; Rabello, C.B.-V.; Santos, M.; Lima, M.; Silva, E.; Lima, T.; Ventura, D.; Dutra, W., Jr. Chemical composition and metabolizable energy values of corn germ meal obtained by wet milling for layers. 2014. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 16, 107–112. <https://doi.org/10.1590/S1516-635X2014000100015>.

Allen, M.S. Control of feed intake by hepatic oxidation in ruminant animals: Integration of homeostasis and homeorhesis. 2020. *Animal*, 14, s55–s64. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003215>.

AOAC—Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th ed.; Association of Official Analytical Chemists Inc.: Gaithersburg, MD, USA, 2005.

AOAC—Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th ed.; Association of Official Analytical Chemists Inc.: Washington, DC, USA, 2002.

Bouda, J.; Quiroz-Rocha, G. Uso de Provas de Campo e Laboratório Clínico em Doenças Metabólicas e Ruminais Dos Bovinos. In *Perfil Metabólico em Ruminantes: Seu Uso em Nutrição e Doenças Nutricionais*; González, H.D., Barcellos, J., Patinõ, H.O., Ribeiro, L.A.O., Eds.; Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Porto Alegre, Brazil, 2000; pp. 128–159.

Bravo-Lamas, L.; Barron, L.J.; Kramer, J.K.; Etaio, I.; Aldai, N. Characterization of the fatty acid composition of lamb commercially available in northern Spain: Emphasis on the trans-18: 1 and CLA content and profile. 2016. *Meat Science*, 117, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.043>.

Brito, A.B.D.; Stringhini, J.H.; Cruz, C.P.D.; Xavier, S.A.G.; Leandro, N.S.M.; Café, M.B. 2005. Effect of whole corn germ on broiler carcass performance and yield. *Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 57, 241–249. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352005000200017>.

Bürger, P.J.; Pereira, J.C.; De Queiroz, A.C.; Da Silva, J.F.C.; Filho, S.D.C.V.; Cecon, P.R.; Casali, A.D.P. 2000. Ingestive behavior in Dutch calves fed diets containing

different levels of concentrate. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 236–242. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982000000100031>.

Chizzotti, M.L.; Valadares Filho, S.C.; Valadares, R.F.D.; Chizzotti, F.H.M.; Tedeschi, L.O. 2008. Determination of creatinine ex-cretion and evaluation of spot urine sampling in Holstein cattle. *Livestock Science*, 113, 218–225. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2007.03.013>.

Cirne, L.G.A.; de Carvalho, G.G.P.; Viana, P.T.; dos Santos Luz, Y.; da Silva Reis, M.J.; de Figueiredo, M.P.; Freitas Júnior, J.E. Impact of high-concentrate diets with cottonseed associated with calcium lignosulfonate on the metabolic, productive, and carcass characteristics of feedlot lambs. 2020. *Tropical Animal Health and Production*, 1–12. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02194-5>.

Da Cruz, C.H.; Santos, S.A.; de Carvalho, G.G.P.; Azevedo, J.A.G.; Detmann, E.; Filho, S.D.C.V.; Mariz, L.D.S.; Pereira, E.S.; Nicory, I.M.C.; Tosto, M.S.L.; et al. Estimating digestible nutrients in diets for small ruminants fed with tropical forages. 2021. *Livestock Science*, 249, 104532. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104532>.

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. 2017. *Journal Dairy Science*, 100, 1072–1085. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11636>.

Hall, M.B. Calculation of Non-Structural Carbohydrate Content of Feeds that Contain Non-Protein Nitrogen. 2000. University of Florida: Gainesville, FL, USA.

Johnson, T.R.; Combs, D.K. 1991. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polythyleneglicol on dry matter intake of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 74, 933–944. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78243-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78243-X).

Kaneko, J.J.; Harvey, J.W.; Bruss, M.L. *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*; 2008. Academic Press: San Diego, CA, USA.

Kramer, J.K.; Blackadar, C.B.; Zhou, J. Evaluation of two GC columns (60-m SUPELCOWAX 10 and 100-m CP sil 88) for analysis of milkfat with emphasis on CLA, 18:1, 18:2 and 18:3 isomers, and short-and long-chain FA. 2002. *Lipids*, 37, 823–835. <https://doi.org/10.1007/s11745-002-0967-2>.

Kramer, J.K.; Fellner, V.; Dugan, M.E.; Sauer, 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. 1997. *Lipids*, 32, 1219–1228, doi:10.1007/s11745-997-0156-3.

Licitra, G.; Hernandez, T.M.; Van Soest, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. 1996. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347–358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3).

Lima, A.G.V.O.; Silva, T.M.; Bezerra, L.R.; Pereira, E.S.; Barbosa, A.M.; Ribeiro, R.D.X.; Oliveira, R.L. Intake, digestibility, nitrogen balance, performance and carcass traits of Santa Ines lamb fed with sunflower cake from biodiesel production. 2018. *Small Ruminant Research*, 168, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.09.003>.

Lima, M.B.; Rabello, C.B.-V.; Da Silva, E.P.; Lima, R.B.; De Arruda, E.M.F.; Albino, L.F.T. Effect of broiler chicken age on ileal digestibility of corn germ meal. 2012. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 34, 137–141. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i2.11812>.

Mertens, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. 1997. *Journal of Dairy Science*, 80, 1463–1481.

Mertens, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. 2002 *Journal of AOAC International*, 85, 1217–1240.

Miller, W.F.; Shirley, J.E.; Titgemeyer, E.C.; Brouk, M.J. Comparison of full-fat corn germ, whole cottonseed, and tallow as fat sources for lactating dairy cattle. 2009. *Journal of Dairy Science*, 92, 3386–3391. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2118>.

Miotto, F.R.C.; Neiva, J.N.M.; Restle, J.; Falcão, A.J.D.S.; Castro, K.J.D.; Maciel, R.P. Ingestive behavior of bulls fed diets containing levels of whole corn germ. 2014. *Ciência Animal Brasileira*, 15, 45–54. <https://doi.org/10.5216/cab.v15i1.24627>.

Nascimento, C.; Pina, D.; Cirne, L.; Santos, S.; Araújo, M.; Rodrigues, T.; Silva, W.; Souza, M.; Alba, H.; de Carvalho, G. 2021. Effects of whole corn germ, a source of linoleic acid, on carcass characteristics and meat quality of feedlot lambs. *Animals*, 11, 267. <https://doi.org/10.3390/ani11020267>.

NRC—National Research Council. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*; National Academic Press: Washington, DC, USA, 2007.

O’Fallon, J.V.; Busboom, J.R.; Nelson, M.L.; Gaskins, C.T. A direct method for fatty acid methyl ester (FAME) synthesis: Application to wet 5 meat tissues, oils and feedstuffs. 2007. *Journal of Animal Science*, 85, 1511–1521. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-491>.

Oliveira, C.R.N.; Santos, S.A.; Mariz, L.D.S.; Carvalho, G.G.P.; de Azevêdo, J.A.G.; Tosto, M.S.L.; dos Santos, A.C.S. Dietary phase-feeding as feedlot strategy for Santa Ines lambs: Performance, N retention and meat quality. 2020. *Livestock Science*, 239, 104106. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104106>.

Oliveira, R.L.; de Carvalho, G.G.P.; Oliveira, R.L.; Tosto, M.S.L.; Santos, E.M.; Ribeiro, R.D.X.; Rufino, L.M.A. Palm kernel cake obtained from biodiesel production in diets for goats: Feeding behavior and physiological parameters. 2017. *Tropical Animal Health and Production*, 49, 1401–1407. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1340-6>.

Polli, V.A.; Restle, J.; Senna, D.B.; Almeida, S.R.S. Aspects related to the rumination of cattle and buffaloes under confinement. 1996. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 25, 987–993.

Renaudeau, D.; Collin, A.; Yahav, S.; De Basilio, V.; Gourdine, J.L.; Collier, R.J. Adaptation to hot climate and strategies to alleviate heat stress in livestock production. 2012. *Animal*, 6, 707–728. <https://doi.org/10.1017/S1751731111002448>.

Saoussem, H.; Sadok, B.; Habib, K.; Mayer, P.M. Fatty acid accumulation in the different fractions of the developing corn kernel. 2009. *Food Chemistry*, 117, 432–437. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.038>.

Silva, E.C.; Ferreira, M.D.A.; Verás, A.S.C.; Bispo, S.V.; Da Conceição, M.G.; De Siqueira, M.C.B.; Salla, L.E.; Souza, A.R.D.L. Replacement of corn meal by corn germ meal in lamb diets. 2013. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48, 442–449. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000400013>.

Silva, M.L.F.; de Carvalho, G.G.P.; Silva, R.R.; da Silva Magalhães, T.; Viana, P.T.; de Almeida Rufino, L.M.; Eiras, C.E. Effect of calcium lignosulfonate supplementation on metabolic profiles of confined lambs. 2018. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 19953–19961. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-2121-0>.

Souza, D.A.; Selaive-Villaruel, A.B.; Pereira, E.S.; Osório, J.C.S.; Teixeira, A. Growth performance, feed efficiency and carcass characteristics of lambs produced from Dorper sheep crossed with Santa Inês or Brazilian Somali sheep. 2013. *Small Ruminant Research*, 114, 51–55. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.06.006>.

Sukhija, P.S.; Palmquist, D.L. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. 1988. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 1202–1206.

Urbano, S.A.; de Andrade Ferreira, M.; Bispo, S.V.; da Silva, E.C.; Suassuna, J.M.A.; de Oliveira, J.P.F. Corn germ meal in replacement of corn in Santa Ines sheep diet: Carcass characteristics and tissue composition. 2016. *Acta Veterinaria Brasilica*, 10, 165–171. <https://doi.org/10.21708/avb.2016.10.2.5715>.

Urbano, S.A.; Ferreira, M.D.A.; Madruga, M.S.; de Azevedo, P.S.; Bispo, S.V.; da Silva, E.C. Corn germ as a substitute for corn in the diet of confined Santa Inês sheep: Chemical and lipid composition of meat. 2014. *Ciência e Agrotecnologia*, 38, 581–588. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000600007>.

Van Soest, P.V.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. 1991. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).

Weiss, W.P.; Tebbe, A.W. Estimating digestible energy values of feeds and diets and integrating those values into net energy systems. 2019. *Translational Animal Science*, 3, 953–961. <https://doi.org/10.1093/tas/txy119>.

Zhang, R.; Ma, S.; Li, L.; Zhang, M.; Tian, S.; Wang, D.; Liu, K.; Liu, H.; Zhu, W.; Wang, X. Comprehensive utilization of corn starch processing by-products: A review. 2021. *Grain Oil Science and Technology*, 4, 89-107. <https://doi.org/10.1016/j.gaost.2021.08.003>.

CAPÍTULO 2

**EFEITOS DO GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO, FONTE DE ÁCIDO
LINOLÉICO, NAS CARACTERÍSTICAS DA CARÇA E QUALIDADE DA
CARNE DE CORDEIROS CONFINADOS**

EFEITOS DO GÉRMEN INTEGRAL DE MILHO, FONTE DE ÁCIDO LINOLÉICO, NAS CARACTERÍSTICAS DA CARÇAÇA E QUALIDADE DA CARNE DE CORDEIROS CONFINADOS

Camila O. Nascimento, Douglas S. Pina, Luís G. A. Cirne, Stefanie A. Santos, Maria L. G. M. L. Araújo, Thomaz C. G. C. Rodrigues, William P. Silva, Mateus N. S. Souza, Henry D. R. Alba e Gleidson G. P. de Carvalho

RESUMO: O gérmen integral de milho (GIM), devido às suas características nutricionais desejáveis, foi estudado como alimento para ruminantes. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão do GIM como uma fonte de ácido linoléico em dietas para cordeiros confinados nas características da carcaça, composição físico-química, atributos sensoriais e perfil de ácidos graxos da carne. Quarenta ovinos mestiços Dorper x Santa Inês, machos, não castrados, foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, para avaliar os níveis de inclusão (0, 30, 60, 90 e 120 g/kg de matéria seca (MS)) do gérmen integral de milho (GIM) na dieta. A inclusão alimentar de GIM não influenciou ($P > 0,05$) o ganho de peso e as características da carcaça, com exceção da espessura subcutânea de gordura ($P < 0,01$), que foi maior em animais alimentados com dietas com níveis mais altos de GIM. A luminosidade (L^* ; $P = 0,04$), teor de amarelo (b^* ; $P < 0,01$), força de cisalhamento ($P = 0,04$), concentrações de ácidos graxos linoleico ($P = 0,03$) e ácidos graxos totais poliinsaturados ($P = 0,04$) tiveram um comportamento quadrático devido à inclusão do GIM nas dietas. O uso de até 120 g/kg de MS de GIM em dietas de cordeiro não afeta as características da carcaça, composição físico-química e atributos sensoriais da carne. Diante disso, o melhor perfil de ácidos graxos poliinsaturados na carne dos cordeiros é obtido usando 76,7 g/kg de MS de GIM.

Palavras-chave: Subproduto; ácidos graxos; carne; nutrição; ovinos

**EFFECTS OF WHOLE CORN GERM, A SOURCE OF LINOLEIC ACID, ON
CARCASS CHARACTERISTICS AND MEAT QUALITY OF FEEDLOT
LAMBS**

Camila O. Nascimento, Douglas S. Pina, Luís G. A. Cirne, Stefanie A. Santos, Maria L. G. M. L. Araújo, Thomaz C. G. C. Rodrigues, William P. Silva, Mateus N. S. Souza, Henry D. R. Alba e Gleidson G. P. de Carvalho

Abstract: The whole corn germ (WCG), due to its desirable nutritional characteristics, has been studied as feed for ruminants. This study aimed to evaluate the effects of WCG inclusion as a linoleic acid source in diets for feedlot lambs on carcass characteristics, physicochemical composition, sensory attributes, and fatty acid profile of the meat. Forty non-castrated, crossbreed Dorper x Santa Inês lambs were distributed in a completely randomized design to evaluate the inclusion levels (0, 30, 60, 90, and 120 g/kg dry matter (DM)) of whole corn germ (WCG) in the diet. The dietary inclusion of WCG did not influence ($p > 0.05$) the weight gain and carcass characteristics, with the exception of the subcutaneous fat thickness ($p < 0.01$), which was higher in animals fed diets with higher levels of WCG. Lightness (L *; $p = 0.04$), yellowness (b *; $p < 0.01$), shear force ($p = 0.04$), linoleic fatty acid concentrations ($p = 0.03$), and total polyunsaturated fatty acids ($p = 0.04$) had a quadratic increase due to WCG inclusion in the diets. The use of up to 120 g/kg DM of WCG in lamb diets does not affect the carcass characteristics, physicochemical composition, and sensory attributes of the meat. Despite this, the best polyunsaturated fatty acid profile in lambs' meat is obtained using 76.7 g/kg DM of WCG.

Keywords: by-product; fatty acids; meat; nutrition; sheep

INTRODUÇÃO

O milho é um dos cereais mais utilizados no mundo. Seu processo de industrialização na produção de bioetanol gera diversos subprodutos, dentre eles os destilados secos, como o gérmen integral de milho (GIM), a casca externa da semente e o óleo (Miller et al., 2009; Miotto et al., 2014; Urbano et al., 2016). Esses subprodutos podem ser utilizados na alimentação animal e humana, produção de biocombustíveis e matérias primas, entre outros. O GIM é obtido a partir da degerminação úmida de grãos de milho por um processo de extração mecânica (Lima et al., 2012)

O gérmen integral de milho possui teores de proteína bruta de 10 a 15% (Brito et al., 2005; Abdelqader et al., 2009), 44% de extrato etéreo (Miller et al., 2009) e 56% de ácido linoleico (C18:2 n-6, em % dos ácidos graxos totais) (Miller, et al., 2009), podendo contribuir com o aumento da densidade energética (Silva et al., 2013) e ácidos graxos poliinsaturados importantes para a saúde humana, como por exemplo, o ácido linoléico conjugado (CLA) (Urbano et al., 2014). Os CLAs são intermediários da biohidrogenação que a partir da hidrogenação do ácido linoléico pelos micróbios ruminais, podem passar do rúmen para serem absorvidos pelo intestino e serem incorporados na carne dos ruminantes (Dugan et al., 2018).

A carne vermelha é rica em ácidos graxos saturados (AGS). Isso ocorre porque os ácidos graxos poliinsaturados (AGPI), derivados da dieta desses animais são, em grande parte, hidrogenados em AGS pelos microrganismos ruminais. Dessa forma, o consumo da carne vermelha, vem sendo associado a algumas doenças crônicas para humanos, como altos níveis de colesterol e problemas cardiovasculares (Vahmani, et al., 2020). Sendo assim, pesquisadores buscam diminuir a relação AGS:AGPI, mantendo o equilíbrio da relação ômega 6 : ômega 3 (Urbano et al., 2014), além de tentar aumentar as

concentrações de ácido linoléico conjugado (CLA) na carne dos ruminantes (Guerreiro, et al., 2020).

O GIM contém 85% do total de lipídios nos grãos (Dijkstra et al., 2016), que é naturalmente protegido pelo pericarpo. Portanto, essa proteção pode diminuir a atividade de biohidrogenação das bactérias ruminais nos ácidos graxos insaturados presentes no germe. Sendo assim, esses ácidos graxos insaturados serão absorvidos pelo intestino e, conseqüentemente, são incorporados à carne (Guerreiro, et al., 2020).

Até onde sabemos, existem poucos estudos sobre a inclusão de GIM, como fonte de ácido linoléico em dietas para cordeiros. Dadas as características nutricionais, levanta-se a hipótese de que existe um nível de inclusão de GIM que aumenta a densidade de energia das dietas para os cordeiros de confinamento, melhorando o desempenho, o rendimento da carcaça e a qualidade devido ao aumento da deposição de ácidos graxos insaturados na carne.

Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão do germen integral de milho, como uma fonte de ácido linoléico em dietas para cordeiros de confinamento nas características da carcaça, composição físico-química, atributos sensoriais e perfil de ácidos graxos da carne.

MATERIAIS E MÉTODOS

1.1. Comitê de ética, local de realização e manejo experimental

O experimento foi conduzido sob a aprovação do Comitê de Ética sobre o Uso Animal da Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal da Bahia (aprovação nº 70/2018), seguindo as diretrizes do Conselho Nacional para o Controle de Experimentação Animal (CONCEA).

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, pertencente à Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos, Bahia, Brasil.

Os animais foram alojados em baias individuais de 1,2m² (1,2 × 1,0m), cobertas, com piso ripado de madeira e suspensas, providas de bebedouros e comedouros com acesso irrestrito a água e as dietas experimentais. Os animais foram identificados, tratados para controlar endo e ectoparasitas e vacinados contra clostridiose e raiva no início do experimento.

O alimento ofertado foi silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) como volumoso e concentrado composto por milho em grão moído, farelo de soja, ureia, núcleo mineral específico para ovinos e gérmen integral de milho, com proporção de 500 g/kg MS volumoso e 500 g/kg MS concentrado (Tabela 1). As dietas foram formuladas com o objetivo de atender aos requisitos de cordeiros com um ganho de peso médio estimado de 200 g, de acordo com as recomendações do National Research Council (NRC, 2007). As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia (9h00 e 16h00), de forma a permitir entre 10 e 20% de sobras.

Tabela 1 – Proporção dos ingredientes e composição química-bromatológica das dietas e do gérmen integral de milho (GIM).

Item	Gérmen integral de milho (g/kg MS)					GIM
	0	30	60	90	120	
Proporções dos ingredientes (g/kg MS)						
Silagem de sorgo	500	500	500	500	500	-
Milho moído	330	303	276	248	221	-
Farelo de soja	145	142	139	137	134	-
GIM	0	30	60	90	120	-
Ureia	10	10	10	10	10	-
Núcleo mineral ^a	15	15	15	15	15	-
Composição química (g/kg MS)						
Matéria seca (MS)	594	595	596	596	597	920
Composição química (g/kg MS)						

Matéria orgânica	843	844	845	846	847	911
Matéria mineral	37	37	37	37	36	93
Proteína bruta	175	175	174	174	174	137
Extrato etéreo	31	42	54	65	76	414
Fibra em detergente neutro	394	402	409	416	423	418
Fibra em detergente ácido	198	203	208	213	218	208
PIDN ^b	7,6	7,4	7,3	7,2	7,0	11
PIDA ^c	3,8	3,7	3,7	3,7	3,6	3,0
Celulose	96	100	104	108	112	159
Hemicelulose	196	198	200	202	204	210
Lignina	102	103	104	105	106	48
Carboidratos não fibrosos	360	343	325	307	289	21
Perfil de ácidos graxos (mg/kg da dieta)						
Total	21.877	33.484	45.091	56.688	68.295	434.910
Caprílico (C8:0)	4,0	5,0	6,0	6,0	7,0	2,0
Cáprico (C10:0)	36	41	47	52	57	247
Laurico (C12:0)	50	55	60	66	71	287
Mirístico (C14:0)	419	575	730	885	1041	6035
Palmitico (C16:0)	3.392	4.924	6.457	7.989	9.522	58.344
Palmitoleico (C16:1)	81	103	125	146	168	875
Esteárico (C18:0)	724	1.016	1.309	1.601	1.894	11.181
Oleico (C18:1 n-9)	5.848	9.937	14.026	18.108	22.197	150.108
Linoleico (C18:2 n-6)	9.974	15.079	20.183	25.283	30.387	192.030
α -linolenico (C18:3 n-3)	517	599	680	763	844	3485

^aNíveis de garantia (por kg de elementos ativos): 3.800 mg zinco, 147 g sódio, 2.000 mg manganês, 15 mg cobalto, 590 mg cobre, 18 g enxofre, 20 mg selênio, 50 mg iodo, 20 mg cromo, 300 mg molibdênio, 110 g cálcio, 135 g cálcio máximo, 870 mg flúor máximo, 87 g fósforo.

^b Proteína insolúvel em detergente neutro.

^c Proteína insolúvel em detergente ácido.

1.2. Análises laboratoriais

Amostras dos alimentos fornecidos, sobras e concentrado foram coletadas semanalmente e armazenadas em embalagens plásticas em freezer a -20 °C. Ao final do experimento, foram descongeladas em temperatura ambiente e pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas e moídas em moinho de facas tipo *Willey* com peneira dotada de crivos de 1mm. Posteriormente, foram elaboradas amostras compostas, de forma proporcional, que foram utilizadas nas análises laboratoriais.

As análises de matéria seca (MS – Método 934.01), matéria orgânica (MO – Método 942.05), proteína bruta (PB – Método 968.06) e extrato etéreo (EE – Método 920.39) foram realizadas conforme a AOAC (2005); a fibra em detergente neutro (FDN),

segundo as especificações descritas por Mertens (2002) e Licitra et al. (1996); a fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Van Soest et al. (1991); e a lignina em detergente ácido segundo a AOAC (2002), método 973.18. A proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e a proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram obtidas conforme as recomendações de Licitra et al. (1996). Já os carboidratos não-fibrosos (CNF) calculados segundo Hall (2000): $CNF = 100 - ((\%PB_{dieta} - \%PB_{ureia} + \%Ureia_{dieta}) + \%EE + FDN + \%MM)$.

1.3. Abate e avaliação da carne

No 61º dia de confinamento os animais foram encaminhados para um frigorífico comercial, inspecionado, os quais foram submetidos a um período de jejum e descanso de 16 horas, e, em seguida, pesados para a obtenção do peso corporal ao abate (PCA).

No momento do abate, os animais foram insensibilizados por eletronarcolese, seguido de sangria, esfolagem e evisceração, de acordo com os procedimentos de manejo e abate humanitário dos animais (Brasil, 2000; FAO, 2001). O pH foi mensurado em triplicata no músculo *longissimus lumborum*, logo após o abate (45 minutos após serem abatidos) e também após o resfriamento das carcaças de 24 horas em câmara frigorífica a 4 °C. Utilizou-se o pHmetro digital tipo espeto HANNA modelo HI 99163, acoplado a um eletrodo de penetração, previamente calibrado com soluções-tampão de pH 4.01 e 7.01.

As carcaças foram pesadas imediatamente após o abate, evisceração e esfolagem, para obtenção do peso e rendimento da carcaça quente (PCQ e $RCQ = PCQ/PCA * 100$) e após o resfriamento para se obter o peso e rendimento da carcaça fria (PCF e $RCF = (PCF/PCA) * 100$).

Vinte e quatro horas após o abate, foi realizada a avaliação (subjetiva) da conformação, acabamento e gordura da carcaça usando a escala visual de 0 a 5 como proposto por Cezar e Sousa (2007), além do marmoreio da carne. As medidas morfométricas da carcaça foram mensuradas de acordo com Osório et al., (1998), sendo

o comprimento externo e interno da carcaça; comprimento e circunferência da perna; largura do tórax e garupa; profundidade do tórax; e perímetro da garupa. As medidas de comprimento e perímetro foram realizadas utilizando-se fita métrica, e as de largura e profundidade com auxílio de um hipômetro manual.

As carcaças foram cortadas longitudinalmente na linha média em dois antímeros simétricos. Os antímeros de carcaça foram seccionados entre as 12^a e 13^a costelas para coletar os lombos (músculo *longissimus lumborum* - LL) de acordo com os métodos descritos por Colomer-Rocher et al. (1987). A determinação da área de olho-de-lombo (AOL) foi realizada no músculo *longissimus lumborum*, 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*, em cm, medidas com auxílio de régua e calculada a partir da fórmula da elipse: $AOL = (A/2 * B/2) \pi$, em cm², proposta por Silva Sobrinho (1999). A espessura de gordura subcutânea (EGS) na carcaça foi medida, em mm, com auxílio de paquímetro digital a $\frac{3}{4}$ de distância a partir do lado medial do músculo *longissimus lumborum*, para o lado da apófise espinhosa.

Os lombos, direito e esquerdo, de cada animal foram embalados, identificados e congelados em freezer (-18 °C) para posteriores análises da cor, perdas de peso por cocção, força de cisalhamento, composição centesimal, avaliação sensorial e perfil de ácidos graxos.

1.4. Características físico-química da carne e análise sensorial

Os lombos foram descongelados dentro dos sacos plásticos. a 10 °C por 12 horas. As amostras foram então dissecadas com o auxílio de bisturi e faca e, posteriormente, no lombo esquerdo 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). O colorímetro foi calibrado com uma placa de cerâmica branca e iluminante C, 10 °, para observação padrão, e operado usando cone aberto. A avaliação da cor da carne foi realizada depois que a mioglobina foi oxigenada após a exposição da carne por cinco minutos (Cañeque e Sañudo, 2000). Após esse período, e conforme descrito por Miltenburg et al. (1992), as coordenadas L *, a * e b * foram medidas em três pontos distintos da superfície muscular interna, e a média das triplicatas de cada coordenada calculada por amostra de animal.

A perda de peso por cocção (PPC) foi determinada em cada amostra de lombo com aproximadamente 1,5 cm de espessura, 3,0 cm de comprimento e 2,5 cm de largura. As amostras cruas foram pesadas, colocadas em uma bandeja revestida de alumínio e cozidas em forno pré-aquecido a 170 °C até o centro da carne atingir uma temperatura de 70 °C, medida usando um termopar de cobre-constante, equipado com um leitor digital. As amostras foram subsequentemente resfriadas à temperatura ambiente e novamente pesadas. As perdas de cozimento foram calculadas como a diferença de peso antes e após o tratamento térmico (Duckett et al., 1998).

As análises da força de cisalhamento da Warner -Bratzler (WBSF) foram determinadas usando as mesmas amostras de carne cozida usadas para medir as perdas de cozimento. Foram cortados três cubos de 25 x 25 mm de cada amostra já cozidas. A força de cisalhamento foi medido por um analisador de textura (Analisador de Textura TX-TX2; Mecmesina, Nevada, Estados Unidos) equipado com uma lâmina de cisalhamento do tipo Warner-Bratzler, de acordo com o procedimento padrão descrito por Wheeler et al. (1995). Os valores da força de cisalhamento foram expressos em kgf/cm².

Para a avaliação da composição centesimal, amostras do músculo *longissimus lumborum* foram liofilizadas por 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho de bola

para a obtenção das amostras laboratoriais, nas quais foram determinadas a umidade, cinzas, proteína e extrato etéreo (AOAC, 2005).

Na análise sensorial, as amostras do músculo *longissimus lumborum* foram assadas em grill elétrico (modelo 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 amostras, e uma ficha de avaliação sensorial. Os 100 provadores avaliaram os atributos sabor, maciez, suculência, odor e aceitação global, em uma escala hedônica não estruturada de nove pontos: 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, os provadores ordenavam as amostras por preferência para os atributos odor e sabor (AMSA, 2015).

Para obtenção dos ácidos graxos do músculo das dietas e do GIM foi empregado o método direto de sínteses de ácidos graxos metil éster (synthesis of fatty acid methyl esters - FAME), segundo O'Fallon et al. (2007).

Uma alíquota de 0,5 g de amostra seca foi colocada em tubo de cultura pyrex de 16 x 125 mm o qual continha 1,0 ml de padrão interno C19:0 (189-19 Sigma Aldrich; 10 mg of C19:0/mL of MeOH), sendo adicionado 0,7 mL de 10N KOH em água e 5,3 mL de MeOH. Os tubos foram incubados a 55 °C em banho maria por 1,5 h com agitação vigorosa a cada 20 min para permear, dissolver e hidrolisar a amostra. Depois de resfriada

em banho maria gelado, 0,58 ml de 24N H₂SO₄ em água foram adicionados. O conteúdo dos tubos foi misturado por agitação e precipitados com K₂SO₄ para, em seguida, ser incubado em banho maria a 55 °C por 1,5 h com agitação de 5 s a cada 20 min. Depois da síntese de FAME, os tubos foram resfriados em banho maria gelado. 3ml de hexano foram adicionados e o conteúdo dos tubos foi misturado por 5 min em vortex. Imediatamente, os tubos foram centrifugados por 5 min e o sobrenadante com hexano contendo o FAME foi colocado dentro de vials CG. Os vials foram tampados e colocados a -20 °C até a análise por CG.

A composição de ácidos graxos do FAME foi determinada por capilaridade em CG SPTM-2560, 100m × 25 mm × 0,2 µm de porosidade (Supelco) instalado em um FOCUS CG equipado com detector de ionização de chama e injetor split (Thermo Scientific Inc.). Hidrogênio (H₂) foi utilizado como gás de arraste (1 mL min⁻¹) e nitrogênio como gás auxiliar. A temperatura do injetor e detector foi de 250 °C, com Split de 15:1. A temperatura inicial foi de 70 °C por 4 min, incrementando a 13°C/min até 175 °C, mantida por 27 min, incrementada por 4 °C/min até 215 °C e mantida por 31 min (Kramer et al., 1997).

A identificação dos ácidos graxos das dietas foi realizada comparando os tempos de retenção dos FAMES com os padrões (padrão de 37 componentes da Supelco Inc.) e cromatogramas publicados (Kramer et al., (2002) e Bravo-Lamas et al., (2016)). A quantificação de FAMES foi realizada com base na equação proposta por Sukhija e Palmquist (1988): $[(\text{área total dos picos} - \text{área do padrão interno}) / \text{área do padrão interno}] \times (\text{concentração do padrão interno} / \text{peso da amostra})$. O perfil de ácidos graxos foi expresso em miligramas de ácidos graxos por kg da dieta (mg/kg).

A concentração de ácidos graxos desejáveis (AGD) foi estimada segundo Rhee (1992): $AGD = AGMI + AGPI + C18:0$. As atividades das enzimas Δ^9 dessaturases e

elongase conforme Malau-Aduli et al. (1997) e Kazala et al. (1999): Δ^9 dessaturase 16 = $100 [(C16:1cis9)/(C16:1cis9 + C16:0)]$; Δ^9 dessaturase 18 = $100 [(C18:1cis9)/(C18:1cis9 + C18:0)]$; e Elongase = $100 [(C18:0 + C18:1cis9)/(C16:0 + C16:1cis9 + C18:0 + C18:1cis9)]$. Os índices de aterogenicidade (IA) e trombogenicidade (IT) de acordo com Ulbricht e Southgate (1991): Aterogenicidade = $[C12:0 + 4(C14:0) + C16:0]/(\Sigma AGS + \Sigma AGPI)$; e Trombogenicidade = $[(C14:0 + C16:0 + C18:0)/[(0,5 \times \Sigma AGMI) + (0,5 \times \Sigma \omega 6 + (3 \times \Sigma \omega 3) + (\Sigma \omega 3/\Sigma \omega 6))]$. Os índices hipocolesterolêmicos:hipercolesterolêmicos (h:H), assim como as concentrações dos ácidos graxos hipercolesterolêmicos, hipocolesterolêmicos e neutros avaliados e adaptados em conformidade com Bessa (1999) e Santos-Silva, Bessa e Mendes (2002): $h:H = (C18:1 cis9 + C18:2 \omega 6 + 20:4\omega 6 + C22:5\omega 3)/(C14:0 + C16:0)$; Hipercolesterolêmicos = $C12:0 + C14:0 + C14:1 + C16:0 + C16:1$ e Hipocolesterolêmicos = $C18:1 cis9 + C18:2 \omega 6 + 20:4\omega 6 + C22:5\omega 3$.

2.0. Análise estatística

Os resultados foram avaliados por meio de análises de variância e regressão, com os graus de liberdade desdobrados em efeitos linear ou quadrático, a significância de até 5%, utilizando-se o PROC MIXED do programa Statistical Analysis System – SAS versão 9.4 (SAS, 2012), de acordo com o modelo estatístico abaixo:

$$\hat{Y}_{ij} = \mu + NL_i + \epsilon_{ij}$$

Onde, \hat{Y}_{ij} = Valor observado na parcela que recebeu o tratamento i na repetição j ; μ = Média geral; NL_i = Efeito fixo do nível de gérmen integral de milho i ($i = 0, 3, 6, 9$ e 12%); e ϵ_{ij} = Erro experimental aleatório associado a cada observação pressuposto NID $\sim (0, \sigma^2)$.

Os dados referentes à análise sensorial foram submetidos à análise estatística considerando os níveis de inclusão do GIM como efeito fixo e avaliadores como efeito aleatório. Dessa forma, foi utilizada a distribuição de Poisson por intermédio do PROC

GLIMMIX do SAS 9.1, considerando-se em todas as avaliações até 5% de probabilidade para o erro tipo I.

RESULTADOS

Houve redução ($P < 0,001$) no consumo total de MS, contudo, aumentou ($P < 0,001$) o consumo de EE em função dos níveis de GIM. O peso vivo final e os rendimentos de carcaça não foram influenciados ($P > 0,05$) pelo GIM, assim como a área de olho de lombo que apresentou valores semelhantes. Em contrapartida, verificou-se redução de forma quadrática ($P = 0,002$) da espessura de gordura subcutânea (EGS), cujo o menor valor foi de 2,31 mm no nível de 46,9 g/kg MS de GIM (Tabela 2). Não houve mudanças importantes nas características morfométricas da carcaça. Observou-se redução apenas na circunferência da perna ($P = 0,010$) e profundidade de tórax ($P = 0,009$) (Tabela 2).

Tabela 2 – Consumos médios totais durante todo o período experimental, medidas quantitativas, subjetivas e morfométricas da carcaça de cordeiros submetidos a dietas contendo gérmen integral de milho (GIM).

Item ^a	Níveis de inclusão do GIM (g kg ⁻¹)					EPM ^b	Valor P ^c	
	MS)						L	Q
	0	30	60	90	120			
Medidas morfométricas (cm ⁻¹)								
Comprimento externo	54,5	55,0	53,5	55,1	53,8	1,02	0,735	0,913
Comprimento interno	56,2	57,6	55,2	55,8	54,2	1,47	0,238	0,613
Comprimento perna	36,5	35,8	35,5	36,6	34,4	0,83	0,220	0,610
Circunferência de perna	44,6	44,1	44,8	44,1	41,2	0,81	0,010	0,040
Largura de tórax	25,4	24,6	24,6	24,0	24,7	0,68	0,355	0,407
Largura de garupa	20,4	20,2	20,4	20,0	20,2	0,63	0,765	0,937

Profundidade de tórax	26,8	25,3	24,8	25,3	24,2	0,58	0,009	0,442
Perímetro de garupa	52,5	52,0	53,8	53,2	54,5	1,08	0,183	0,794
<i>Longísimos lumborum</i>								
AOL (cm ²)	10,9	10,9	10,4	11,5	11,5	0,73	0,495	0,606
EGS (mm ⁻¹)	2,9	2,3	2,3	2,3	3,3	0,25	0,310	0,002

^a MS = Matéria seca; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; PVI = Peso vivo inicial; PVF = Peso vivo final; PCQ = Peso de carcaça quente; PCF = Peso de carcaça fria; RCQ = Rendimento de carcaça quente; RCF = Rendimento de carcaça fria; AOL = Área de olho de lombo; EGS = Espessura de gordura subcutânea.

^bEPM = Erro padrão da média.

^cL = Linear; Q = Quadrática.

Efeito significativo para $P \leq 0,05$

Para as características físico-químicas do músculo *longissimus lumborum* houve aumento de maneira quadrática para as variáveis de cor ÷ luminosidade (L*) ($P = 0,035$) e teor de amarelo (b*) ($P < 0,001$) e para a força de cisalhamento ($P = 0,041$) (Tabela 3). As máximas respostas foram de 39,6 e 6,9, nos níveis de 63,0 e 67,0 g/kg de GIM, respectivamente para as variáveis de cor e 3,2 kgf/cm² no nível de 55 g/kg de GIM para a força de cisalhamento. A inclusão do GIM não influenciou ($P > 0,05$) na composição centesimal e nos atributos sensoriais (Tabela 3).

Tabela 3 – Características físico-químicas, composição centesimal e atributos sensoriais do músculo *longissimus lumborum* de cordeiros submetidos a dietas contendo gérmen integral de milho.

Item ^a	Níveis de inclusão do GIM (g kg ⁻¹ MS)					EPM ^b	Valor P ^c	
	0	30	60	90	120		L	Q
Atributos sensoriais								
Sabor	6,3	6,5	6,3	6,5	6,5	0,28	0,68	0,90
Maciez	7,7	7,5	7,1	7,6	7,7	0,28	0,96	0,41
Suculência	7,3	7,1	6,7	7,3	7,3	0,27	0,95	0,42
Odor	6,6	6,9	6,7	7,1	6,7	0,26	0,62	0,56

Aceitação Global 6,9 7,0 6,7 7,0 7,0 0,27 0,73 0,72

^a L* = Luminosidade; a* = Teor de vermelho; b* = Teor de amarelo; FC = Força de cisalhamento; PPC = Perdas por cocção.

^bEPM = Erro padrão da média.

^cL = Linear; Q = Quadrática.

Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

As concentrações dos ácidos graxos no músculo LL dos cordeiros não mudaram ($P > 0,05$) com a inclusão de GIM na dieta (Tabela 4). No entanto, a inclusão de GIM teve um efeito quadrático na concentração de ácido graxo linoleico (C18: 2 N-6) ($P = 0,03$), com um valor máximo de 1408 mg/kg, estimado em um nível GIM de 76,7 g/ kg.

Tabela 4 – Perfil de ácidos graxos (mg/kg de carne) da carne de cordeiros submetidos a dietas contendo gérmen integral de milho.

Item	Níveis de inclusão do GIM (g kg ⁻¹ MS)					EPM ^a	Valor de P ^b	
	0	30	60	90	120		L	Q
Ácidos graxos saturados (AGS)								
Caprílico (C8:0)	11,7	15,0	17,5	15,0	17,4	2,31	0,16	0,46
Capríco (C10:0)	67,3	61,8	49,3	65,8	66,2	9,37	0,95	0,27
Láurico (C12:0)	42,7	38,7	33,8	48,1	46,8	5,95	0,38	0,30
Mirístico (C14:0)	625	575	582	586	617	74,4	0,98	0,58
Pentadecanoico (C15:0)	87,6	95,2	79,7	73,9	77,8	15,43	0,43	0,96
Palmítico (C16:0)	7023	6459	6936	5917	6557	732	0,55	0,75
Heptadecanoico (C17:0)	316	260	308	296	269	21,98	0,42	0,97
Estearico (C18:0)	5098	4652	6153	4952	5039	375	0,88	0,27
Araquídico (20:0)	36,8	33,1	44,0	36,1	37,3	2,61	0,63	0,39
Behênico (22:0)	97,3	72,0	91,9	81,3	77,4	5,83	0,13	0,59
Ácidos Graxos de Cadeira Ramificada (AGCR)								
Iso—14:0	8,5	6,1	10,8	8,4	8,2	1,20	0,66	0,58
iso—15:0	35,3	26,1	31,6	28,8	24,0	5,80	0,31	0,98
anteiso—15:0	37,6	28,5	42,4	36,6	30,1	4,71	0,66	0,43
iso—16:0	46,6	34,9	56,1	43,9	39,4	4,76	0,73	0,31
iso—17:0	7,2	6,3	5,0	5,4	4,5	1,07	0,09	0,66
anteiso—17:0	6,8	5,2	5,8	5,2	7,6	1,16	0,67	0,14
iso—18:0	5,8	6,5	7,2	6,4	6,7	0,60	0,39	0,37
Ácidos graxos monoinsaturados (AGMI)								
Miristoleico (C14:1)	23,2	23,5	18,9	19,5	20,3	3,76	0,43	0,67
Palmitoleico (C16:1)	605	544	531	366	495	83,21	0,17	0,48
C18:1 trans-9	5,4	6,6	9,3	6,2	8,4	3,12	0,60	0,78
C18:1 trans-10	213	201	252	216	222	19,46	0,62	0,50
Vacênico (C18:1 trans-11)	375	473	532	519	588	88,89	0,12	0,70
Cis-vacênico (C18:1 cis-11)	311	270	271	217	264	34,58	0,21	0,37

Oleico (C18:1 n-9)	13181	11427	12667	10021	11417	1477	0,32	0,67
Ácidos graxos poliinsaturados (AGPI)								
Linoleico (C18:2 n-6) ^c	1182	1175	1538	1344	1329	65,15	0,04	0,03
(C18:2 cis-9 trans-11) ^d	91,9	101	135	102	133	17,99	0,17	0,73
(C18:2 trans-10 cis-12) ^e	10,7	10,5	11,4	12,1	10,5	1,10	0,74	0,47
α -linolênico (C18:3 n-3)	87,8	72,7	73,3	73,6	83,1	9,79	0,79	0,21
Araquidônico (C20:4 n-6)	293	277	337	311	265	25,88	0,79	0,16
Eicosapentaenoico (EPA; C20:5 n-3)	57,3	45,7	71,4	45,4	36,1	10,24	0,22	0,25
Docosapentaenoico (ADP; C22:5 n-3)	81,3	69,7	77,1	74,7	61,9	9,43	0,29	0,74
Docosahexaenoico (DHA; C22:6 n-3)	19,1	16,1	20,1	18,4	14,0	2,47	0,34	0,38

^aEPM = Erro padrão da média,

^bL = Linear; Q = Quadrática,

^d Ácido linoléico conjugado (C18: 2 CIS-9 Trans-11/Trans-7 Cis-9); Pico coeluido com C18: 2 Trans-7 Cis-9 e C18: 2 CIS-9 Trans-11

^{d,e}Ácido linoleico conjugado,
Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

A inclusão de GIM na dieta dos cordeiros teve um efeito quadrático no total de ácidos graxos poliinsaturados (AGPI) ($P = 0,04$), com um valor máximo observado de 2072 mg/kg, estimado em níveis de GIM de 71,8 g/kg MS e efeito linear na proporção ômega-6: ômega-3 ($P = 0,03$) (Tabela 5). No entanto, nenhum efeito ($P > 0,05$) foi observado a partir da inclusão de GIM nos demais somatórios de ácidos graxos, atividades enzimáticas da $\Delta 9$ -dessaturase e elongase, bem como os níveis de qualidade nutricional da fração lipídica relacionada à saúde humana.

Tabela 5 – Somatórios (mg/kg de carne) e relações dos ácidos graxos, atividades de enzimas e índices de qualidade nutricional da fração lipídica dos ácidos graxos do músculo *longissimus lumborum* de cordeiros submetidos a dietas contendo germen integral de milho,

Item ^a	Níveis de inclusão do GIM (g kg ⁻¹ MS)					Valor de P ^c		
	0	30	60	90	120	EPM ^b	L	Q
AGS	13.55	12.35	14.45	12.20	12.92	1114	0,70	0,90
AGMI	14.71	12.83	14.27	11.36	13.01	1592	0,36	0,66
AGPI	1824	1768	2263	1982	1933	92,04	0,17	0,04
AGCR	146	107	158	132	120	16,52	0,63	0,74
AGMI:AGS	1,1	1,0	0,9	0,9	1,0	0,05	0,15	0,27
AGPI:AGS	0,13	0,15	0,16	0,17	0,15	0,01	0,31	0,27
AGD	21.63	19.25	22.69	18.30	19.98	1847	0,49	0,96
Neutros	5165	4713	6202	5018	5106	375	0,88	0,28
Total	32.57	29.22	33.46	27.73	30.20	2800	0,51	0,87

$\Sigma \omega 6$	385	378	472	413	398	30.40	0.55	0.17
$\Sigma \omega 3$	158	131	169	138	112	17.17	0.15	0.32
$\omega 6:\omega 3$	2,5	3,1	2,9	3,1	3,6	0,30	0,03	0,90
IA	0,6	0,6	05	0,6	0,6	0,02	0,54	0,19
IT	1,6	1,7	1,7	1,8	1,7	0,07	0,15	0,40
Hipocolesterolêmico (h)	14738	12950	14620	11752	13073	1454	0,35	0,76
Hipercolesterolêmico (H)	8319	8238	8101	7009	7736	977	0,43	0,85
h:H	1,9	1,8	1,9	1,8	1,8	0,05	0,26	0,63
$\Delta 9$ C16	7,8	7,1	7,0	7,1	7,0	0,37	0,14	0,42
$\Delta 9$ C18	71,3	70,0	66,8	67,0	68,6	2,07	0,24	0,26
Elongase	70,6	70,1	71,6	70,7	70,0	0,74	0,77	0,28

^aAGS = Ácido graxo saturado; AGMI = Ácido graxo moniinsaturado; AGPI = Ácido graxo poliinsaturado; AGD = Ácidos graxos desejáveis; $\Sigma \omega 6$ = Somatório de ômega 6; $\Sigma \omega 3$ = Somatórios de ômega 3; IA = Índice de aterogenicidade; IT = Índice de trombogenicidade; h:H = Índice hipocolesterolêmico:hipercolesterolêmico; $\Delta 9$ = Enzima delta 9 dessaturase,

^bEPM = Erro padrão da média,

^cL = Linear; Q = Quadrática,

Efeito significativo para $P \leq 0,05$.

DISCUSSÃO

Consumo de nutrientes e características de carcaça

A redução no consumo de MS pode estar relacionada à regulação quimiostática da ingestão voluntária devido ao aumento da ingestão de EE e seu conteúdo nas dietas (Haddad e Younis, 2004). O GIM utilizado neste trabalho possuía 41,2 % de EE em sua composição, assim, houve variação de 3,1 a 7,6 % de EE entre as dietas experimentais. Apesar de ser uma boa fonte de energia, teores de EE acima de 5% em dietas para ruminantes pode ser tóxico para os microorganismos ruminais (Palmquist e Mattos, 2006).

Os resultados do presente estudo para consumo de MS corroboram os achados de Urbano et al, (2016), que relataram diminuição no consumo de nutrientes em cordeiros quando o milho moído foi totalmente substituído pelo GIM, A dieta testada pelos autores alcançou valores de até 12% de EE.

De acordo com De Souza et al. (2017), maiores teores de ATP (adenosina trifosfato) e energia metabolizável são obtidos através de ácidos graxos de cadeia longa da dieta em comparação com ácidos graxos de cadeia curta da digestão ruminal. A inclusão do GIM

nas dietas dos cordeiros não influenciou o peso final e as características quantitativas das carcaças. Esses resultados podem ser explicados e relacionados à maior ingestão de lipídios e, conseqüentemente, energia metabolizável disponível. Dessa maneira, houve um uso eficiente da proteína para o crescimento muscular (Fernandes et al., 2011). Portanto, os animais mantiveram níveis de desempenho semelhantes, mesmo com a redução da ingestão de matéria seca.

Embora o efeito de modo quadrático obtido para a EGS das carcaças não tenha uma explicação biológica, o maior aporte de energia pelo uso do GIM nas dietas claramente contribuiu para aumentar este parâmetro, que foi de 3,3 mm, no maior nível de GIM testado.

A maior densidade energética nas dietas com GIM supriu, portanto, não só a necessidade de energia do animal, assim como pode ter contribuído para o maior acabamento da carcaça (Brand et al., 2019). Isso pode ter ainda favorecido, conseqüentemente, a preservação da qualidade da carne, o que foi comprovado na melhor maciez da carne desses animais (Tabela 3).

Composição físico-química e atributos sensoriais da carne

Os valores de pH da carne ficaram fora da faixa preconizada por Sañudo et al, (1998), para carne ovina, que é de 6,56 a 6,69 para o pH inicial, e de 5,66 a 5,78 para o pH final. Apesar disso, as carnes dos cordeiros apresentaram boa qualidade e não foram classificadas como escura, dura e seca (DFD) ou pálida, mole e exsudativa (PSE).

O pH varia de acordo com o processo bioquímico de transformação do músculo em carne, no qual o condutor energético do músculo (glicogênio) é convertido em ácido láctico, diminuindo o pH da carne. Vale ressaltar que os animais do presente estudo passaram por um longo período de jejum pré-abate (16 horas de jejum para pesagem e envio dos animais ao frigorífico para o abate).

Quando o estoque de glicogênio no músculo diminui antes do abate, é provável que espere um pH final mais alto e, às vezes, carne de DFD. Essa característica está relacionada a fatores como a idade do animal, nutrição inadequada, procedimentos de manuseio antes do abate, tempo de transporte para o matadouro, longo período de jejum, entre outros. O controle desses fatores garante quantidades necessárias de glicogênio (57 μ moles/g de músculo), essenciais para a acidificação muscular post-mortem (Ponnampalam et al., 2017).

A cor da carne pode ser influenciada por vários fatores, incluindo dieta, teor de gordura intramuscular e valores de pH (Sañudo et al, 2013). O pH final mais alto (acima de 6,0) torna as oxidases citocromo mitocondrial mais ativas. Assim, o aumento do consumo de oxigênio pode aumentar a concentração de mioglobina desoxigenada, resultando em carnes de cor escura. Além disso, o pH mais alto contribui para maior capacidade de retenção de água, tornando a carne mais pálida (Bressan et al., 2001). No presente estudo, apesar de ter um valor de pH mais alto após 24 h, os resultados observados para coordenadas de cores não estavam longe dos valores relatados por Leão et al. (2012) ($L^* = 45,68$; $a^* = 15,17$; $b^* = 4,93$) na carne de ovinos.

Os resultados obtidos na luminosidade (L^*) e o teor de amarelo (b^*) da carne podem estar relacionados a deposição de gordura. Esses achados estão de acordo com os resultados relatados por Fruet et al. (2016), que encontraram maiores valores para luminosidade (L^*) e no teor de amarelo (b^*) da carne de ovelhas alimentadas exclusivamente com grãos. Além disso, o teor de carotenoides depositado na gordura intramuscular da carne desses animais (Kirton et al., 1975), oriundo do milho (Egesel et al., 2003), pode promover maior intensidade de amarelo na gordura, conseqüentemente, aumentando a luminosidade da carne (Krzywicki, 1979).

Perfil de ácidos graxos

Dentre os ácidos graxos identificados na carne dos cordeiros, o oleico (C18:1 n-9) foi o presente em maior proporção, seguido pelo palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0). Este mesmo resultado foi encontrado em várias pesquisas que avaliaram o perfil lipídico da carne de cordeiros (Bezerra et al 2016; Majewska et al., 2016; Facciolongo et al., 2018; Guerreiro et al., 2020),

Um achado importante, entretanto, no nosso trabalho, foi sobre o ácido graxo linoléico (C18:2 n-6), pois o nível de 76,7 g/kg de GIM proporcionou o maior valor desse componente na carne dos cordeiros (1408 mg/kg de carne). O aumento no teor do C18:2 n-6 na carne dos cordeiros alimentados com esse nível de GIM, pode ter ainda relação direta com o teor desse ácido graxo nas dietas (Tabela 1).

A concentração de C18:2 n-6 era alta no GIM e uma parte desse ácido graxo, na matriz do material, pode ter escapado da biohidrogenação ruminal (Nguyen et al., 2018). Este resultado corrobora com os encontrados por Urbano et al, (2014) que observam maiores teores do C18:2 n-6 e CLA (ácido linoleico conjugado – C18:2 9c 11t) na carne de cordeiros em dietas com substituição total do milho pelo GIM.

Tanto nos seres humanos como para os animais o ácido linoléico (C18:2n-6), assim como o ácido alfa-linolênico (C18:3n-3), precursores do grupo de ácidos graxos de cadeia longa ômega 6 e ômega 3, são necessários para manter sob condições normais, as membranas celulares, as funções cerebrais e a transmissão de impulsos nervosos (Montecillo-Aguado et al., 2020). Além disso, o ácido linoléico é precursor dos CLAs (ácidos linoléicos conjugados), que são conhecidos por suas propriedades benéficas à saúde, em especial a redução da gordura corporal, o que o torna um forte coadjuvante no controle das doenças crônicas não transmissíveis (Chang et al., 2020),

Óleos e coprodutos vegetais ricos em gordura ou sementes oleaginosas são utilizados em dietas para ruminantes, com o intuito de melhorar a qualidade do leite e da

gordura da carne (Miller et al., 2009), isso porque o perfil lipídico desses materiais oleaginosos possuem altas taxas de ácidos graxos essenciais como o C18:1 (Oleico), C18:2 n-6 (Linoléico) e o C18:3 n-3 (Linolênico) (Peng et al., 2010),

Saoussem et al, (2009), ao avaliarem o perfil de ácidos graxos do grão do milho inteiro e suas partes principais (gérmen, pericarpo e endosperma), constataram que, o gérmen concentra cerca de 65,4% de C18:2 n-6 do total de ácidos graxos. O aumento do teor do ácido linoleico (C18:2 n-6) na carne dos animais no presente estudo contribuiu para o aumento no total de AGPI e, por ser um ácido graxo da família do n-6, conseqüentemente, aumentou o somatório destes. Apesar disso, a relação n-6:n-3 permaneceu dentro do recomendado pela WHO/FAO (1995) para a saúde humana (n-6:n-3 de 5:1 a 10:1).

CONCLUSÃO

O gérmen integral de milho pode ser utilizado até 120 g/kg MS na dieta total para cordeiros terminados confinados pois não compromete os aspectos quantitativos da carcaça e os atributos físico-químicos e sensoriais da carne,

No entanto, caso a indústria da carne busque um produto de melhor qualidade sob o aspecto nutricional, o nível de 76,7 g/kg MS de gérmen propicia maior concentração de ácidos graxos poliinsaturados na carne, especialmente o ácido linoléico que contribui para o aumento de ácidos graxos benéficos à saúde humana.

REFERÊNCIAS

Abdelqader, M.M.; Hippen, A.R.; Kalscheur, K.F.; Schingoethe, D.J.; Karges, K.; Gibson, M.L. 2009. Evaluation of corn germ from ethanol production as an alternative fat source in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science*, 92, 1023–1037. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1207>.

AMSA—American Meat Science Association. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation, and Instrumental Tenderness Measurements of Meat, 2nd ed.; American Meat Science Association: Champaign, IL, USA, 2015.

AOAC—Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 18th ed.; Association of Official Analytical Chemists Inc.: Gaithersburg, MD, USA, 2005.

AOAC—Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists, 17th ed.; Association of Official Analytical Chemists Inc.: Washington, DC, USA, 2002.

Bessa, R.J.B. Nutritional revaluation of ruminant fats. In Symposium Europeo—Alimentación en el Siglo XXI; 1999. Calcro, R., Gómez-Nieves, J.M., Eds.; Official College of Veterinarians of Badajoz: Badajoz, Spain, pp. 283–313.

Bezerra, L.S.; Barbosa, A.M.; Carvalho, G.G.P.; Simionato, J.I.; Freitas, J.E., Jr.; Araújo, M.L.G.M.L.; Pereira, L.; Silva, R.R.; Lacerda, E.C.Q.; Carvalho, B.M.A. Meat quality of lambs fed diets with peanut cake. 2016. *Meat Science*, 121, 88–95, doi:10.1016/j.meatsci.2016.05.019.

Brand, T.S.; Van Der Merwe, D.A.; Swart, E.; Hoffman, L.C. The effect of finishing period and dietary energy content on the carcass characteristics of Boer goats. 2019. *Small Ruminant Research*, 174, 110–117, doi:10.1016/j.smallrumres.2019.03.012.

Bravo-Lamas, L.; Barron, L.J.; Kramer, J.K.; Etaio, I.; Aldai, N. Characterization of the fatty acid composition of lamb commercially available in northern Spain: Emphasis on the trans-18: 1 and CLA content and profile. 2016. *Meat Science*, 117, 108–116. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.02.043>.

Bressan, M.C.; Prado, O.V.; Pérez, J.R.O.; Lemos, A.; Bonagurio, S. Effect of slaughter weight of Santa Inês and Bergamácia lambs on the physical and chemical

characteristics of meat. 2001. *Food Science and Technology*, 21, 293–303, doi:10.1590/S0101-20612001000300008.

Brito, A.B.D.; Stringhini, J.H.; Cruz, C.P.D.; Xavier, S.A.G.; Leandro, N.S.M.; Café, M.B. 2005. Effect of whole corn germ on broiler carcass performance and yield. *Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 57, 241–249. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352005000200017>.

Cañeque, V.; Sañudo, C. *Methodology for the Study of the Quality of the Carcass and Meat in Ruminants*; 2000. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología y Alimenticia: Madrid, Spain.

Cézar, M.F.; Sousa, W.H. *Sheep and Goat Carcasses: Production, Evaluation and Classification*; 2007. Agropecuária Tropical: Uberaba, Brazil.

Chang, H.; Gan, W.; Liao, X.; Wei, J.; Lu, M.; Chen, H.; Liu, X. Conjugated linoleic acid supplements preserve muscle in high-body-fat adults: A double-blind, randomized, placebo trial. 2020. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, doi:10.1016/j.numecd.2020.05.029.

Colomer-Rocher, F.; Morand-Fehr, P.; Kirton, A.H. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. 1987. *Livestock Production Science*, 17, 149–159.

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. 2017. *Journal of Dairy Science*, 100, 1072–1085, doi:10.3168/jds.2016-11636.

Dijkstra, A.J. *Vegetable Oils: Types and Properties*. In *Encyclopedia of Food and Health*; Caballero, B.; Finglas, P.M., Toldrá, F., Eds.; Elsevier: Oxford, UK; Academic

Press: Waltham, MA, USA, 2016; pp. 517–522, doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00706-6.

Duckett, S.K.; Klein, T.A.; Dodson, M.V.; Snowden, G.D. Tenderness of normal and callipyge lamb aged fresh or after freezing. 1998. *Meat Science*, 49, 19–26, doi:10.1016/S0309-1740(97)00100-9.

Dugan, M.E.R.; Cletos, M.; Payam, V. Polyunsaturated fatty acid biosynthesis and metabolism in agriculturally important species. In *Polyunsaturated Fatty Acid Metabolism*; Burdge, G., Ed.; Academic Press: Southampton, UK; AOCS Press: Southampton, UK, 2018; pp. 61–86, doi:10.1016/B978-0-12-811230-4.00004-1.

Egesel, C.O.; Wong, J.C.; Lambert, R.J.; Rocheford, T.R. Combining ability of maize inbreds for carotenoids and tocopherols. 2003. *Crop Science*, 43, 818–823, doi:10.2135/cropsci2003.8180.

Facciolongo, A.M.; Lestingi, A.; Colonna, M.A.; Nicastro, F.; De Marzo, D.; Toteda, F. Effect of diet lipid source (linseed vs. soybean) and gender on performance, meat quality and intramuscular fatty acid composition in fattening lambs. 2018. *Small Ruminant Research*, 159, 11–17, doi:10.1016/j.smallrumres.2017.11.015.

FAO—Food and Agriculture Organization. *Guidelines for Humane Handling, Transport and Slaughter of Livestock: Slaughter of Livestock*; Food and Agriculture Organization of United Nation: Bangkok, Thailand, 2001.

FAO—Food and Agriculture Organization. WHO and FAO Joint Consultation: *Fats and oils in human nutrition*. *Nutr. Rev.* 1995, 53, 202–205.

Fernandes, A.R.M.; Orrico, M.A.P., Jr.; Orrico, A.C.A.; Vargas, F.M.D., Jr.; Oliveira, A.B.D.M. Performance and qualitative characteristics of carcasses and meat of lambs finished in confinement and fed diets containing soybean grain or protected fat.

2011. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 40, 1822–1829, doi:10.1590/S1516-35982011000800028.

Fruet, A.P.B.; Stefanello, F.S.; Júnior, A.G.R.; de Souza, A.N.M.; Tonetto, C.J.; Nörnberg, J.L. Whole grains in the finishing of culled ewes in pasture or feedlot: Performance, carcass characteristics and meat quality. 2016. *Meat Science*, 113, 97–103, doi:10.1016/j.meatsci.2015.11.018.

Guerreiro, O.; Alves, S.P.; Soldado, D.; Cachucho, L.; Almeida, J.M.; Francisco, A.; Jerónimo, E. Inclusion of the aerial part and condensed tannin extract from *Cistus ladanifer* L. in lamb diets—Effects on growth performance, carcass and meat quality and fatty acid composition of intramuscular and subcutaneous fat. 2020. *Meat Science*, 160, 107945, doi:10.1016/j.meatsci.2019.107945.

Haddad, S.G.; Younis, H.M. The effect of adding ruminally protected fat in fattening diets on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs. 2004. *Animal Feed Science and Technology*, 113, 61–69, doi:10.1016/j.anifeedsci.2003.10.015.

Hall, M.B. Calculation of Non-Structural Carbohydrate Content of Feeds that Contain Non-Protein Nitrogen. 2000. University of Florida: Gainesville, FL, USA.

Kazala, E.C.; Lozeman, F.J.; Mir, P.S.; Laroche, A.; Bailey, D.R.; Weselake, R.J. Relationship of fatty acid composition to intramuscular fat content in beef from crossbred Wagyu cattle. 1999. *Journal of Animal Science*, 77, 1717–1725, doi:10.2527/1999.7771717x.

Kirton, A.H.; Crane, B.; Paterson, D.J.; Clare, N.T. Yellow fat in lambs caused by carotenoid pigmentation. 1975. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 18, 267–272, doi:10.1080/00288233.1975.10423643.

Kramer, J.K.; Blackadar, C.B.; Zhou, J. Evaluation of two GC columns (60-m SUPELCOWAX 10 and 100-m CP sil 88) for analysis of milkfat with emphasis on CLA, 18:1, 18:2 and 18:3 isomers, and short-and long-chain FA. 2002. *Lipids*, 37, 823–835. <https://doi.org/10.1007/s11745-002-0967-2>.

Kramer, J.K.; Fellner, V.; Dugan, M.E.; Sauer, 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. 1997. *Lipids*, 32, 1219–1228, doi:10.1007/s11745-997-0156-3.

Krzywicki, K. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. 1979. *Meat Science*, 3, 1–10, doi:10.1016/0309-1740(79)90019-6.

Leão, A.G.; Silva Sobrinho, A.G.D.; Moreno, G.M.B.; Souza, H.B.A.D.; Giampietro, A.; Rossi, R.C.; Perez, H.L. Physico-chemical and sensory characteristics of lamb meat finished with diets containing sugar cane or corn silage and two levels of concentrate. 2012. *Brazilian Journal Animal Science*, 1253–1262, doi:10.1590/S1516-35982012000500024.

Licitra, G.; Hernandez, T.M.; Van Soest, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. 1996. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347–358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3).

Lima, M.B.; Rabello, C.B.-V.; Da Silva, E.P.; Lima, R.B.; De Arruda, E.M.F.; Albino, L.F.T. Effect of broiler chicken age on ileal digestibility of corn germ meal. 2012. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 34, 137–141. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v34i2.11812>.

Majewska, M.P.; Pająk, J.J.; Skomial, J.; Kowalik, B. The effect of different forms of sunflower products in diets for lambs and storage time on meat quality. 2016. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 227–235, doi:10.1016/j.anifeeds.2016.10.007.

Malau-Aduli, A.E.O.; Siebert, B.D.; Bottema, C.D.K.; Pitchford, W.S. A comparison of the fatty acid composition of triacylglycerols in adipose tissue from Limousin and Jersey cattle. 1997. *Australian Journal of Agricultural Research*, 48, 715–722.

Mertens, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. 2002 *Journal of AOAC International*, 85, 1217–1240.

Miller, W.F.; Shirley, J.E.; Titgemeyer, E.C.; Brouk, M.J. Comparison of full-fat corn germ, whole cottonseed, and tallow as fat sources for lactating dairy cattle. 2009. *Journal of Dairy Science*, 92, 3386–3391. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2118>.

Miltenburg, G.A.; Wensing, T.; Smulders, F.J.; Breukink, H.J. Relationship between blood hemoglobin, plasma and tissue iron, muscle heme pigment, and carcass color of veal. 1992. *Journal of Animal Science*, 70, 2766–2772, doi:10.2527/1992.7092766x.

Miotto, F.R.C.; Neiva, J.N.M.; Restle, J.; Falcão, A.J.D.S.; Castro, K.J.D.; Maciel, R.P. Ingestive behavior of bulls fed diets containing levels of whole corn germ. 2014. *Ciência Animal Brasileira*, 15, 45–54. <https://doi.org/10.5216/cab.v15i1.24627>.

Montecillo-Aguado, M.; Tirado-Rodrigues, B.; Tong, Z.; Vega, O.M.; Morales-Martínez, M.; Abkenari, S.; Pedraza-Chaverri, J.; Huerta-Yepez, S. Importance of the Role of ω -3 and ω -6 Polyunsaturated Fatty Acids in the Progression of Brain Cancer. 2020. *Brain Sciences*, 10, 381.

Nguyen, D.V.; Malau-Aduli, B.S.; Cavalieri, J.; Nichols, P.D.; Malau-Aduli, A.E.O. Supplementation with plant-derived oils rich in omega-3 polyunsaturated fatty acids for lamb production. 2018. *Veterinary and Animal Science*, doi:10.1016/j.vas.2018.08.001.

NRC—National Research Council. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*; National Academic Press: Washington, DC, USA, 2007.

O’Fallon, J.V.; Busboom, J.R.; Nelson, M.L.; Gaskins, C.T. A direct method for fatty acid methyl ester (FAME) synthesis: Application to wet 5 meat tissues, oils and feedstuffs. 2007. *Journal of Animal Science*, 85, 1511–1521. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-491>.

Osório, J.C.S.; Osório, M.T.; Jardim, P.O. *Methods for the Evaluation of Sheep Meat Production: 'In Vivo', in the Carcass and in the Meat*; 1998. University Graphic Publisher—UFPEL: Pelotas, Brazil.

Palmquist, D.L.; Mattos, W.R.S. Lipid metabolism. In *Ruminant Nutrition*; Berchielli, T.T., Pires, A.V., Oliveira, S.G., Eds.; Funep: Jaboticabal, Brazil, 2006; pp. 287–310.

Peng, Y.S.; Brown, M.A.; Wu, J.P.; Liu, Z. Different oilseed supplements alter fatty acid composition of different adipose tissues of adult ewes. 2010. *Meat Science*, 85, 542–549, doi:10.1016/j.meatsci.2010.03.003.

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. 2017. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16, 400–430, doi:10.1111/1541-4337.12258.

Rhee, K.S. Fatty acids in meats and meat products. In *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*; 1992. Chow, C.K., Ed.; Marcel Dekker: New York, NY, USA; pp. 65–93.

Santos-Silva, J.; Bessa, R.J.B.; Santos-Silva, F. Effect of genotype, feeding system and slaughter weight on the quality of light lambs: Fatty and composition of meat. 2002. *Livestock Production Science*, 77, 187–194, doi:10.1016/S0301-6226(02)00059-3.

Sañudo, C.; Muela, E.; Campo, M.M. Key factors involved in lamb quality from farm to fork in Europe. 2013. *Journal of Integrative Agriculture*, 12, 1919–1930, doi:10.1016/S2095-3119(13)60629-2.

Sañudo, C.; Sierra, I.; Olleta, J.L.; Martin, L.; Campo, M.M.; Santolaria, P.; Wood, J.D.; Nute, G.R. Influence of weaning on carcass quality, fatty acid composition and meat quality in intensive lamb production systems. 1998. *Animal Science*, 66, 175–187, doi:10.1017/S1357729800008948.

Saoussem, H.; Sadok, B.; Habib, K.; Mayer, P.M. Fatty acid accumulation in the different fractions of the developing corn kernel. 2009. *Food Chemistry*, 117, 432–437, doi:10.1016/j.foodchem.2009.04.038.

Silva Sobrinho, A.G. *Body Composition and Characteristics of Carcass from Lambs of Different Genotypes and Ages at Slaughter*. 1999. Ph.D. Thesis, Massey University, Palmerston North, New Zealand.

Silva, E.C.; Ferreira, M.D.A.; Verás, A.S.C.; Bispo, S.V.; Da Conceição, M.G.; De Siqueira, M.C.B.; Salla, L.E.; Souza, A.R.D.L. Replacement of corn meal by corn germ meal in lamb diets. 2013. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 48, 442–449. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000400013>.

Sukhija, P.S.; Palmquist, D.L. Rapid method for determination of total fatty acid content and composition of feedstuffs and feces. 1988. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 36, 1202–1206.

Ulbricht, T.L.V.; Southgate, D.A.T. Coronary heart disease: Seven dietary factors. *Lancet*. 1991, 338, 985–992, doi:10.1016/0140-6736(91)91846-M.

Urbano, S.A.; de Andrade Ferreira, M.; Bispo, S.V.; da Silva, E.C.; Suassuna, J.M.A.; de Oliveira, J.P.F. Corn germ meal in replacement of corn in Santa Ines sheep diet: Carcass characteristics and tissue composition. 2016. *Acta Veterinaria Brasilica*, 10, 165–171. <https://doi.org/10.21708/avb.2016.10.2.5715>.

Urbano, S.A.; Ferreira, M.D.A.; Madruga, M.S.; de Azevedo, P.S.; Bispo, S.V.; da Silva, E.C. Corn germ as a substitute for corn in the diet of confined Santa Inês sheep: Chemical and lipid composition of meat. 2014. *Ciência e Agrotecnologia*, 38, 581–588. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000600007>.

Van Soest, P.V.; Robertson, J.B.; Lewis, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. 1991. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).

Wheeler, T.L.; Koohmaraie, M.; Shackelford, S.D. Standardized Warner Bratzler Shear Force Procedures for Meat Tenderness Measurement; 1995. Agricultural Research Service: Clay Center, NE, USA, doi:10.2527/1997.7592423x.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Há uma gama de subprodutos, oriundos das indústrias, com perfil nutricional interessante para a alimentação animal. Alguns ainda muito pouco explorados, como é o caso do gérmen integral de milho (GIM).

Diante dos resultados demonstrados neste trabalho, o GIM pode ser utilizado na alimentação de ovinos confinados, em até 120g/kg MS, como uma importante fonte de energia, agregando ainda, importantes ácidos graxos na carne.

Apesar de não termos estimado os custos das dietas contendo GIM, é provável que sua utilização possa reduzir o custo da ração total, uma vez que a inclusão do GIM no presente estudo (120g/kg MS), reduziu a inclusão de milho em 33%, podendo ser economicamente viável, principalmente para animais em terminação. Contudo, para comprovar essa hipótese, são necessários mais estudos da inclusão de GIM na dieta de ovinos, incluindo estudos sobre a viabilidade econômica.