

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**A utilização do DDG – dried distillers grains na alimentação de
cordeiros em confinamento**

Isabela Jorge dos Santos

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

**Piracicaba
2023**

Isabela Jorge dos Santos
MSc em Zootecnia

**A utilização do DDG – dried distillers grains na alimentação de cordeiros em
confinamento**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **EVANDRO MAIA FERREIRA**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora Ciências. Área de concentração: Ciência
Animal e Pastagens

Piracicaba
2023

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Santos, Isabela Jorge dos

A utilização do DDG – dried distillers grains na alimentação de cordeiros em confinamento / Isabela Jorge dos Santos - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

100 p.

Tese (Doutorado) - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. DDG 2. Desempenho 3. Rúmen 4. Cordeiros I. Título

**À Deus e aos meus pais João Marcos e Rosa,
Eu dedico.**

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus e a nossa Senhora Aparecida por me permitirem chegar até aqui.

A minha mãe e ao meu pai por acreditarem e me incentivarem nesta caminhada. Essa conquista é nossa!

Ao meu irmão Flavio e minha cunhada Má por me apoiarem sempre.

A minha irmã Bruna e meu cunhado Eliezer pelo apoio, amizade e por serem meu porto seguro.

A minha sobrinha Sarah Jorge por ser fonte de inspiração.

Aos amigos de longa data que mesmo com a distância se fizeram presentes e vibraram a cada conquista.

Aos amigos que o doutorado me deu, sem vocês não seria possível.

Ao meu grande amigo Paulo pela amizade, ajuda e companheirismo.

À Lina pelos ótimos momentos partilhados.

À Bárbara por toda ajuda, compreensão e ótimos momentos.

Ao Bud pelo companheirismo e por renovar as minhas energias.

Aos funcionários do SIPOC pelo apoio durante a árdua lida.

Ao professor Dr. Evandro Maia Ferreira, pela oportunidade e orientação.

À professora Dra. Carla Maris Machado Bittar pelo acolhimento.

Ao professor Dr. Alexandre e a técnica Luciana técnica por fornecer todo suporte necessário para as análises laboratoriais.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e ao Departamento de Zootecnia pela oportunidade de realização da pós-graduação e todo suporte oferecido.

À CAPES, pela concessão a bolsa durante o doutorado.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui, e fizeram comigo esse sonho se tornar realidade, afinal, um sonho sonhado sozinho é apenas um sonho e um sonho sonhado em conjunto pode ser real.

MUITO OBRIGADA

BIOGRAFIA

Isabela Jorge dos Santos, filha de Rosa Jorge dos Santos e João Marcos dos Santos nascida em 22 de agosto de 1989, natural de Ipatinga, Minas Gerais. Ingressou na graduação em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras, Lavras – Minas Gerais em fevereiro de 2012, concluindo a graduação em março de 2017. Em setembro de 2017 iniciou o Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal de Lavras, na área de Produção e Nutrição de Ruminantes. Em agosto de 2019 iniciou o Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens da Escola Superior de Agricultura “Luiz e Queiroz” – ESALQ-USP.

SUMÁRIO

RESUMO.....	5
ABSTRACT	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE TABELAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	10
1 INTRODUÇÃO	13
Referências	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1 Confinamento de cordeiros.....	19
2.2 O Uso de coprodutos na alimentação de ruminantes.....	19
2.3 DDG – dried distillers grains	20
2.4 Obtenção do DDG	22
2.5 DDG e o desempenho animal	26
2.6 DDG e o metabolismo ruminal.....	27
Referências	29
3 OS EFEITOS DO DDG SOBRE A DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E FERMENTAÇÃO RUMINAL	39
Resumo.....	39
Abstract.....	39
3.1 Introdução.....	40
3.2 Materiais e Métodos	42
3.2.1 Animais e instalações experimentais.....	42
3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos	42
3.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras	45
3.2.4 Digestibilidade aparente dos nutrientes.....	46
3.2.5 Balanço de nitrogênio.....	46
3.2.6 Colheita de conteúdo ruminal e mensuração do pH.....	47
3.2.7 Análises laboratoriais e cálculos.....	47
3.2.8 Análise estatística.....	48
3.3 Resultados.....	49
3.3.1 Consumo de nutrientes e digestibilidade.....	49

3.3.2	Balço de nitrogênio	52
3.3.3	Características de fermentação ruminal	54
3.4	Discussão	56
3.4.1	Consumo de nutrientes e digestibilidade	56
3.4.2	Balço de nitrogênio	58
3.4.3	Características de fermentação ruminal	58
3.5	Conclusão	59
	Referências.....	59
4	OS EFEITOS DO DDG SOBRE O DESEMPENHO, COMPORTAMENTO INGESTIVO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E HISTOLOGIA RUMINAL	67
	Resumo	67
	Abstract.....	68
4.1	Introdução	68
4.2	Materiais e Métodos.....	70
4.2.1	Local, animais e instalações experimentais	70
4.2.2	Delineamento experimental, tratamentos e manejo experimental	71
4.2.3	Comportamento ingestivo	74
4.2.4	Abate dos animais e características de carçaça	74
4.2.5	Avaliação morfológica do epitélio ruminal	75
4.2.6	Análises laboratoriais	76
4.2.7	Análise estatística	76
4.3	Resultados	77
4.3.1	Desempenho.....	77
4.3.2	Comportamento ingestivo	79
4.3.3	Caracterização macroscópica do epitélio ruminal.....	81
4.4	Discussão	84
4.4.1	Desempenho.....	84
4.4.2	Comportamento ingestivo	86
4.4.3	Avaliação morfológica do epitélio ruminal	87
4.4.4	Avaliação dos parâmetros de carçaça	87
4.5	Conclusão	88
	Referências.....	88
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	99

RESUMO

A utilização do DDG – dried distillers grains na alimentação de cordeiros em confinamento

Os objetivos do presente estudo foram avaliar os efeitos da inclusão do grão seco de destilaria (DDG) na dieta de cordeiros em confinamento sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, parâmetros da fermentação ruminal: produção dos ácidos graxos de cadeia curta e metano, pH ruminal e concentração de N-NH₃. Balanço de nitrogênio, desempenho, comportamento ingestivo, morfometria das papilas ruminais e parâmetros de carcaça. As dietas continham 90% concentrado e 10% feno de Coastcross (*Cynodon* sp.), a inclusão do DDG foi em teores crescentes: 0, 15, 30, 45 e 60% na dieta total (% matéria seca, MS), que correspondeu aos tratamentos experimentais 0DDG, 150DDG, 300DDG, 450DDG e 600DDG, respectivamente. **Experimento I:** Foram utilizados cinco ovinos machos castrados, mestiços (Dorper x Santa Inês), com peso inicial de 60,76 ± 10,82 kg (média ± desvio padrão) e idade de 17,6 ± 3,9 meses (média ± desvio padrão), canulados no rúmen, distribuídos em delineamento experimental em quadrado latino 5 x 5. O período experimental foi de 140 dias, divididos em cinco períodos de 28 dias. Todos os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do SAS. A inclusão do DDG na dieta reduziu linearmente as variáveis: consumos de matéria seca (CMS, kg/d e % do peso corporal, PC) (P < 0,05), consumo de matéria orgânica (CMO) (P = 0,0001), consumo de carboidrato não fibroso (CCNF) (P < 0,0001), digestibilidade da matéria seca (P = 0,016), digestibilidade da matéria orgânica (P = 0,018) e digestibilidade da fibra em detergente neutro (P = 0,03). A produção de propionato e butirato (mol/kg/dia; g/kg/dia; kcal/kg/) diminuíram linearmente com o aumento do DDG na dieta (P < 0,01). Não houve efeito para o pH ruminal e para a produção de metano, contudo a perda energética relativa apresentou resposta quadrática (P = 0,02), com o ponto de máxima para o tratamento 0DDG. O nitrogênio retido (g/dia) (P = 0,05) e em porcentagem do nitrogênio consumido (P = 0,02) diminuiu linearmente com o aumento do DDG nas dietas. **Experimento II:** Quarenta e cinco cordeiros Santa Inês x Dorper com peso inicial de 21 ± 3,2 kg (média ± desvio padrão) foram distribuídos em delineamento em blocos completos casualizados (9 blocos). O período experimental foi de 112 dias subdivididos em 4 períodos de 28 dias. A inclusão do DDG promoveu redução linear no CMS (kg/dia; g/kg de PC^{0,75} e % do PC) (P < 0,0001), ganho médio diário (GMD) (P < 0,0001), peso final (P < 0,0001) e eficiência alimentar (P = 0,001). A taxa de ingestão em min/g de MS e min/g de fibra em detergente neutro (FDN) apresentou efeito quadrático (P < 0,05). O tempo de ruminação (min/dia) e a taxa de ruminação (min/g de MS) aumentou linearmente (P < 0,05) com o aumento nos teores de DDG na dieta. Houve um efeito quadrático para a taxa de mastigação (min/g de MS e min/g de FDN). O aumento do DDG na dieta diminuiu linearmente o peso de carcaça quente (P < 0,0001), peso de carcaça fria (P < 0,0001), rendimento de carcaça quente (P < 0,001), rendimento de carcaça fria (P = 0,04), perda de peso por resfriamento (P = 0,04), espessura de gordura subcutânea (P = 0,02), espessura de parede corporal (P < 0,001), escore de marmoreio (P < 0,01), escore de adiposidade (P < 0,01), área de olho de lombo (P < 0,0001) e índice de compactidade da carcaça (P < 0,0001). A área de papilas (P < 0,001) e área de superfície absorptiva em cm² (P < 0,001) diminuíram linearmente. O DDG em todos os teores de inclusão reduziu a fermentação ruminal e piorou o aproveitamento dos nutrientes. Além disso, piorou o desempenho, as

características quantitativas de carcaça e o desenvolvimento das papilas ruminais dos cordeiros. Portanto, o DDG estudado não é indicado em dietas para confinamento de cordeiros quando o intuito for maximizar a fermentação ruminal, a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho animal. Contudo diante da grande variedade de DDG produzidos no Brasil são necessários mais estudos testando o DDG de diferentes origens.

Palavras-chave: Fermentação ruminal, Digestibilidade, Desempenho, Ovino, DDG

ABSTRACT

The use of DDG – dried distillers grains in feedlot lambs

The objectives of the present study were to evaluate the effects of the inclusion of dried distillers grains (DDG) in the diet of feedlot lambs on nutrient intake and digestibility, ruminal fermentation parameters: short fatty acid and methane production, pH of rumen, N – NH₃ concentration, nitrogen balance, performance, ingestive behavior, morphometry of ruminal papillae and carcass parameters. The diets contained 90% concentrate and 10% Coastcross hay (*Cynodon* sp.), the inclusion of DDG was in increasing levels: 0, 15, 30, 45 and 60% in the total diet (% DM), which corresponded to the treatments experimental data 0DDG, 150DDG, 300DDG, 450DDG, and 600DDG, respectively. **Experiment I:** Five castrated lambs, crossbred (Dorper x Santa Inês), with an initial weight of 60.76 ± 10.82 kg (mean \pm standard deviation) and age of 17.6 ± 3.9 months (mean \pm standard deviation), cannulated in the rumen, distributed in a 5 x 5 latin square experimental design. The experimental period was 140 days, divided into five periods of 28 days. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure. The inclusion of DDG in the diet linearly included the variables: dry matter intake (DMI, kg/d and % body weight, BW) ($P < 0.05$), organic matter intake ($P = 0.0001$), non-fibrous carbohydrate intake ($P < 0.0001$), dry matter digestibility ($P = 0.02$), organic matter digestibility ($P = 0.02$) and neutral detergent fiber digestibility ($P = 0.03$). The production of propionate and butyrate (mol/kg/day; g/kg/day; kcal/kg/) decreased linearly with increasing dietary DDG ($P < 0.01$). There was no effect for ruminal pH and methane production, but the relative energy loss showed a quadratic response ($P = 0.02$), with the maximum point for the 0DDG treatment. Nitrogen retained (g/day) ($P = 0.05$) and nitrogen absorbed ($P = 0.02$) decreased linearly with increasing DDG in the diets. **Experiment II:** Forty-five Santa Inês x Dorper lambs with an initial weight of 21 ± 3.2 kg (mean \pm standard deviation) were distributed in a complete randomized block design (9 blocks). The experimental period was 112 days divided into 4 periods of 28 days. The inclusion of DDG promoted a linear reduction in DMI (kg/day; g/kg of BW^{0.75} and % of BW) ($P < 0.0001$), average daily gain (ADG) ($P < 0.0001$), final body weight ($P < 0.0001$) and feed efficiency ($P = 0.001$). The intake rate in min/g of DM and min/g of neutral detergent fiber (NDF) showed a quadratic effect ($P < 0.05$). Rumination time (min/day) and rumination rate (min/g DM) increased linearly ($P < 0.05$) with increasing DDG levels in the diet. There was a quadratic effect for the chewing rate (min/g DM and min/g NDF). Increased DDG in the diet linearly decreased hot carcass weight ($P < 0.0001$), cold carcass weight ($P < 0.0001$), hot carcass dressing ($P > 0.001$), cold carcass dressing ($P = 0.04$), cooling weight loss ($P = 0.04$), subcutaneous fat thickness ($P < 0.01$), body wall thickness ($P < 0.001$), marbling score ($P < 0.01$), adiposity score ($P < 0.01$), loin eye area ($P < 0.0001$) and carcass compactness index ($P < 0.0001$). Papillae area ($P = 0.001$) and absorptive surface area in cm² ($P < 0.001$) decreased linearly. The DDG at all levels of inclusion and ruminal fermentation worsened the use of nutrients. In addition, it worsened performance, quantitative carcass traits, and the development of ruminal papillae in lambs. Therefore, the studied DDG is not indicated in feedlot diets for lambs when the objective is to maximize ruminal fermentation, nutrient digestibility, and animal performance. However, given the wide variety of DDG produced in Brazil, further studies are needed to test DDG from different sources.

Keywords: Ruminal fermentation, Digestibility, Performance, Sheep, DDG

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Anatomia do milho. Fonte: Paes (2006) 22
- Figura 2. Processo de extração de etanol a partir do milho e coprodutos gerados (WDG, WDGS, DDG, DDGS E CDS). Adaptado de MacDonalds (2018). **2Erro! Indicador não definido.**
- .

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/kg MS).....	44
Tabela 2. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS).....	45
Tabela 3. Composição química, fracionamento do nitrogênio e cor do DDG usado nas dietas experimentais (g/kg MS)	45
Tabela 4. Efeito dos teores crescentes de DDG em dietas de alto teor de concentrado sobre o consumo de matéria seca e de nutrientes.....	50
Tabela 5. Efeito dos teores crescentes de DDG em dietas de alto concentrado sobre a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes.....	51
Tabela 6. Efeito dos teores crescentes de DDG em dietas de alto concentrado sobre o balanço de nitrogênio	53
Tabela 7. Efeito dos teores crescentes do DDG em dietas de alto concentrado sobre a produção de ácidos graxos de cadeia curta e metano.	55
¹ Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcross (<i>Cynodon sp.</i>) com a inclusão de 0 (0DDG), 15 (150DDG), 30 (300DDG), 45 (450DDG) e 60 (600DDG) % de DDG na matéria seca. DDG – <i>dried distillers grains</i> ² Erro padrão da média ³ Contrastes L: linear e Q: quadrático; H: efeito de hora; T*H: efeito interação tratamento e período	55
Tabela 8. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/kg MS).....	72
Tabela 9. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS).....	73
Tabela 10. Composição química, fracionamento do nitrogênio e cor do DDG usado nas dietas experimentais (g/kg MS)	73
Tabela 11. Efeito de teores crescentes de grãos secos de destilaria (DDG) sobre o desempenho de cordeiros.	78
Tabela 12. Efeito de teores crescentes de grãos secos de destilaria (DDG) sobre o comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento.	80
Tabela 13. Efeito de teores crescentes de grãos secos de destilaria (DDG) sobre a morfometria ruminal de cordeiros confinados.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

0DDG – Dieta sem inclusão de DDG
150DDG – Dieta contendo 15% de DDG na matéria seca
300DDG – Dieta contendo 30% de DDG na matéria seca
450DDG – Dieta contendo 45% de DDG na matéria seca
600DDG – Dieta contendo 60% de DDG na matéria seca
AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta
AOL – Área de olho de lombo
ASA – Áreas de superfície absorptiva
CCNF – Consumo de carboidratos não fibrosos
CEE – Consumo de extrato etéreo
CFDA – Consumo de fibra insolúvel em detergente ácido
CFDN – Consumo de fibra insolúvel em detergente neutro
CMO – Consumo de matéria orgânica
CMS – Consumo de matéria seca
CNF – Carboidrato não fibroso
CPB – Consumo de proteína bruta
DDG – Dried distillers grains / Grãos secos de destilaria
EE – Extrato etéreo
EGS – Espessura de gordura subcutânea
EM – Energia metabolizável
EPC – Espessura de parede corporal
EPM – Erro padrão da média
FDN – Fibra insolúvel em detergente neutro
GMD – Ganho de peso médio diário
GPR – Gordura peri – renal
ICC – Índice de compacidade de carcaça
MM – Matéria mineral
MO – Matéria orgânica
MS – Matéria seca
N – NH₃ – Nitrogênio amoniacal
NDT – Nutrientes digestíveis totais
PB – Proteína Bruta

PCF – Peso de carcaça fria

PCQ – Peso de carcaça quente

PDR – Proteína degradável no rúmen

PF – Peso final

PNDR – Proteína não degradável no rúmen

PR – Perda por resfriamento

PVA – Peso vivo ao abate

RCF – Rendimento de carcaça fria

RCF – rendimento de carcaça fria

RCQ – Rendimento de carcaça quente

1 INTRODUÇÃO

A alta produção de grãos no Brasil associado a necessidade de biocombustíveis fortaleceu a produção de etanol a partir dos grãos de cereais. A União Nacional de Etanol de Milho (UNEM) atualizou a perspectiva de produção de etanol na safra 2022/2023 para 4,5 bilhões de litros, incremento de 31% em comparação com a safra anterior.

O aumento da produção de etanol a partir de milho e o mercado dos grãos fortaleceu o uso de produtos como os grãos secos de destilaria (DDG), como fonte de energia e proteína em dietas de ruminantes (Klopfenstein et al., 2008; Stock et al., 2000). Em países como os Estados Unidos onde cerca 95% do etanol é produzido a partir do milho, o DDG já é usado em larga escala devido a excelente composição nutricional e disponibilidade do insumo.

A composição nutricional do DDG assim como a maioria dos coprodutos varia de acordo com a matéria prima utilizada e o processo de produção. Após a fermentação do amido presente no milho para a produção de etanol, os demais nutrientes tendem a aumentar em três vezes. O teor de extrato etéreo (EE) aumenta de 4% para 12%, a fibra em detergente neutro (FDN) de 12% para 36%, o fósforo de 0,3 para 0,9% e a proteína bruta (PB) aumenta de 10% para 30%, sendo esta composta por até 50% de proteína não degradável no rúmen (PNDR) (Liu, 2011; NASEM 2016). O teor de EE é a fração mais variável, nos últimos anos o óleo tem sido separado dos demais coprodutos, neste sentido, é uma tendência de DDG com menores teores de EE (NASEM, 2016).

Os efeitos do DDG sobre o desempenho e a fermentação ruminal são dependentes do teor de inclusão na dieta e da qualidade do DDG. É documentado na literatura que os grãos de destilaria podem ser incluídos em até 200 g/kg de MS na dieta de cordeiros em confinamento com efeito positivo sobre o desempenho (Felix et al., 2012; Huls et al., 2006; Schauer et al., 2008). É reportado na literatura redução da digestibilidade da MS com inclusões acima 30% de DDG na dieta total (Benchaar et al., 2013; Crane et al., 2017; de Evan et al., 2020; Felix et al., 2012; Leupp et al., 2009), contudo os efeitos são altamente dependentes da qualidade do DDG (Bottger et al., 2018).

A maior limitação do uso do DDG é a variação da composição e da qualidade (Nuez Ortín e Yu, 2009). Entre os diferentes DDG há variações na composição, na

digestibilidade e palatabilidade (Batal e Dale, 2006; Kleinschmit et al., 2006; Nuez Ortín e Yu, 2009; Tjardes, 2002). Tais variações podem resultar em redução do desempenho animal (Klopfenstein et al., 2008; Schingoethe et al., 2009).

O processo de produção de etanol está em constante evolução e está sujeito a variações dentro do processo. Tais variações apontam para o principal impacto do processamento sobre a qualidade do DDG, além disso demonstra a necessidade de obter informações sobre o processo de produção do DDG, isso foi reconhecido ainda em 1898, quando Kellner et al. afirmou que nem as matérias-primas nem a composição química dos grãos secos de destilaria permitem a estimativa exata de sua digestibilidade. Particularmente, Kellner et al. (1898) relacionaram a digestibilidade da proteína bruta (PB) e a influência do calor durante a etapa de secagem, que ainda é considerada crucial sobre o valor proteico do DDG para ruminantes (Kleinschmit et al., 2007). Dentre os fatores de processamento, destacam-se variações no fluxo de produção, bem como variações nas técnicas utilizadas nos processos de moagem, cozimento, fermentação e principalmente a secagem (Belyea et al., 2010; U.S. Grains Council, 2008). Existem muitas fontes de variação que atuam sobre o DDG e que podem refletir na produção animal.

A necessidade em promover a sustentabilidade na agroindústria e na pecuária moderna torna fundamental conhecer as matérias primas utilizadas nas dietas e os seus efeitos sobre a eficiência de uso dos nutrientes e o desempenho animal. Dessa forma, conhecer o DDG de diferentes origens é importante para determinar o nível ótimo de inclusão na dieta de cordeiros. Existe uma lacuna de informação sobre os efeitos do DDG oriundo do Brasil na alimentação de cordeiros em confinamento. A grande maioria dos estudos avaliaram o DDG de origem norte-americana, onde o tipo de milho utilizado e o processamento para a produção de etanol e DDG são diferentes daqueles usados no Brasil. Diante do potencial agrônomo e pecuário do Brasil, conhecer os efeitos do DDG e determinar o teor ótimo de inclusão na dieta de cordeiros são informações bastante relevantes para estimular a ovinocultura e tornar a agroindústria de etanol e a produção de cordeiros mais sustentável. e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros terminados em confinamento.

Referências

- Benchaar, C., Hassanat, F., Gervais, R., Chouinard, P. Y., Julien, C., Petit, H. V., & Massé, D. I. 2013. Effects of increasing amounts of corn dried distillers grains with solubles in dairy cow diets on methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 2413-2427. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6037>
- Batal, A.B., Dale, N.M., 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 15, 89–93. <https://doi.org/10.1093/japr/15.1.89>
- Belyea, R.L., Rausch, K.D., Clevenger, T.E., Singh, V., Johnston, D.B., Tumbleson, M.E., 2010. Sources of variation in composition of DDGS. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.005>
- Böttger, C., Südekum, K.H., 2017. European distillers dried grains with solubles (DDGS): Chemical composition and in vitro evaluation of feeding value for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 224, 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.012>
- Crane, A.R., Redden, R.R., Swanson, K.C., Howard, B.M., Frick, T.J., Maddock-Carlin, K.R., Schauer, C.S., 2017. Effects of dried distiller's grains and lasalocid inclusion on feedlot lamb growth, carcass traits, nutrient digestibility, ruminal fluid volatile fatty acid concentrations, and ruminal hydrogen sulfide concentration. *J. Anim. Sci.* 95, 3198–3205. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1369>
- de Evan, T., Cabezas, A., de la Fuente, J., Carro, M.D., 2020. Feeding agroindustrial byproducts to light lambs: Influence on growth performance, diet digestibility, nitrogen balance, ruminal fermentation, and plasma metabolites. *Animals* 10. <https://doi.org/10.3390/ani10040600>
- Felix, T.L., Zerby, H.N., Moeller, S.J., Loerch, S.C., 2012. Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 90, 1356–1363. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4373>

- Huls, T.J., Bartosh, A.J., Daniel, J.A., Zelinsky, R.D., Wertz-Lutz, A.E., 2006. Sheep & Beef. Shee 21
- Kleinschmit, D.H., Anderson, J.L., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., 2007. Ruminant and intestinal degradability of distillers grains plus solubles varies by source. *J. Dairy Sci.* 90, 2909–2918
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R., 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86, 1223–1231. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0550>
- Leupp, J.L., Lardy, G.P., Karges, K.K., Gibson, M.L., Caton, J.S., 2009. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 87, 2906–2912. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1712>
- Liu, K., 2011. Chemical composition of distillers grains, a review. *J. Agric. Food Chem.* 59, 1508–1526. <https://doi.org/10.1021/jf103512z>
- NASEM. 2016. Nutrient Requirements for Beef Cattle, 8th Rev. Ed. Washington, DC. National Academy Press. doi.org/10.17226/19014
- Nuez Ortín, W.G., Yu, P., 2009. Nutrient variation and availability of wheat DDGS, corn DDGS and blend DDGS from bioethanol plants. *J. Sci. Food Agric.* 89, 1754–1761. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3652>
- Schauer, C.S., Stamm, M.M., Maddock, T.D., Berg, P.B., 2008. Feeding of DDGS in lamb rations. *Sheep Goat Res. J.* 23, 15–19
- Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., Garcia, A.D., 2009. The use of distillers products in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 92, 5802–5813. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2549>
- Stock, R.A., Lewis, J.M., Klopfenstein, T.J., Milton, C.T., 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. *J. Anim. Sci.* 77, 1. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77e-suppl1w>

Tjardes, K., 2002. Feeding Corn Distiller's Co-Products to Beef Cattle. Anim. Range Sci. 6.

UNEM. União Nacional de Etanol de Milho. Cenário do etanol de milho no Mato Grosso - e no Brasil. 2022. <<https://www.novacana.com/n/eventos/ricardo-tomczyk-unem-desafios-etanol-milho-mato-grosso-brasil-030719>> Acessado em: out. 2022.

U.S. Grains Council, 2008. Use of DDGS in Sheep and Goat Diets Introduction Growing- Finishing Lambs. A Guid. to Distill. Dried Grains With Solubles 1–5

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Confinamento de cordeiros

O aumento na demanda de carne ovina, observado principalmente nos grandes centros urbanos da região sudeste gera a necessidade de intensificar a produção de cordeiros. É necessário manter o suprimento de carne ao longo do ano e aumentar a qualidade do produto final. O confinamento de cordeiros é uma técnica que viabiliza tais aspectos, além de permitir elevado ganho de peso e redução no ciclo de produção (Lima et al., 2017).

O confinamento de cordeiros expandiu nos últimos anos no Brasil, o que levou a um crescimento de 18,5% no número de animais abatidos e de 17,5% na produção de carne. Segundo os últimos dados da FAO (2019), o Brasil produz cerca de 94 mil toneladas de carne ovina para atender o mercado interno e apresenta a demanda de importação de mais de 7,0 mil toneladas de carne ovina (CNA, 2018).

As dietas de confinamento são caracterizadas pelo elevado teor de grãos, alta digestibilidade e disponibilidade de energia (Wood et al., 2008). O que resulta em maior quantidade de energia metabolizável disponível ao animal e conseqüentemente maior quantidade de energia particionada para ganho (Morais et al., 2016)

A maior quantidade de energia disponível para o ganho permite maior ganho de peso e redução da idade ao abate, além de aumentar a taxa de desfrute dos rebanhos e melhorar a qualidade do produto final, com adequado acabamento e maior rendimento de carcaça (Sañudo et al., 2013).

Contudo, os custos com alimentação são bastante elevados e podem representar até 70% do custo de produção (Barros et al., 2005). O milho é a principal fonte de energia em dietas de alto concentrado. No Brasil, 97% dos nutricionistas utilizam o milho como fonte de energia (Silvestre e Millen, 2021). Uma alternativa para reduzir a dependência do milho e o custo com alimentação é a utilização de coprodutos agroindustriais (de Evan et al., 2020; Piola et al., 2009).

2.2 O Uso de coprodutos na alimentação de ruminantes

A alimentação é o item de maior custo na operação de confinamento de cordeiros (Barros et al., 2005), dessa forma, reduzir o custo da dieta aumenta a

rentabilidade do sistema, tornando a atividade mais atrativa. Os coprodutos são amplamente utilizados, no Brasil, mais de 70% dos nutricionistas de ruminantes utilizam algum coproduto para compor as dietas, e todos os nutricionistas recomendam a utilização de coprodutos quando estes são de fácil acesso e fácil logística (Silvestre e Millen, 2021).

Há uma grande variedade de coprodutos e muitos já têm sido usados na alimentação de ruminantes. Os principais coprodutos usados são oriundos da indústria açucareira (bagaço de cana-de-açúcar, leveduras), da produção do etanol (grãos de destilaria e bagaço de cana de cana de açúcar), do beneficiamento da mandioca (casca de mandioca, manipueira); da indústria citrícola (polpa cítrica) e da produção de biodiesel (beneficiamento da mamona, girassol, pinhão manso e amendoim) e coprodutos do milho como o farelo de glúten de milho, da indústria citrícola (polpa cítrica) e coprodutos oriundos do processamento da soja (casca de soja) (Abdalla et al., 2008; Azevêdo et al., 2011; Ferreira et al., 2011; Ajila et al., 2012;)

O uso de coprodutos agroindustriais na alimentação de ruminantes é uma prática bastante interessante, visto que pode reduzir custos alimentares e minimizar danos ambientais. É um meio econômico e ambientalmente adequado de reduzir a descarga de resíduos e diminuir o custo de gerenciamento de resíduos (Abdalla et al., 2008)

Nos últimos anos, a sustentabilidade tem sido explorada nos âmbitos ambiental, social e financeiro. Segundo Junqueira e Cunha, (2002), a visão das empresas sobre o meio ambiente tem mudado ao longo dos anos e a noção de sustentabilidade ambiental é vista como importante componente da vantagem competitiva.

2.3 DDG – *dried distillers grains*

O DDG, do inglês *dried distillers grains* é um coproduto da indústria do etanol com alto potencial para alimentação animal, uma vez que é apresenta alto valor nutricional e elevada produção (Böttger e Südekum, 2017; Waller et al., 1980). Para a produção de cada litro de etanol advindo do milho, há necessidade de 2,2 kg de milho, obtendo-se como coproduto a produção de 0,8 kg de grãos de destilaria – DDGS (Leupp et al., 2009; Loy e Lundy, 2018).

O aumento de 30% do volume de milho processado nas indústrias fortaleceu a utilização do DDG na dieta de animais ruminantes. O volume de milho processado pelas usinas aumentou de 7,98 milhões de toneladas em 2020 para 10,88 milhões de toneladas em 2021 (UENEM, 2022). A maior oferta do DDG tornou este ingrediente fonte de proteína e energia nas dietas de animais ruminantes (NASEN, 2016).

O DDG apresenta os teores de proteína, fibra e fósforo aumentados 3 vezes, quando comparados ao milho (Liu, 2011), isso porque remove o amido e neste sentido os demais nutrientes são concentrados. Segundo o NASEN (2016), o teor de proteína bruta é de 30%, extrato etéreo de 8% e fibra em detergente neutro de 36% da MS.

A composição nutricional do DDG é bastante variável e é um fator limitante para a utilização deste coproduto. As variações ocorrem de acordo com a matéria prima utilizada e o processamento durante a produção do DDG. A variação da matéria-prima se dá pelo tipo, variedade e qualidade do grão. Dentre os fatores de processamento, destacam-se variações observadas no fluxo de produção, bem como variações nas técnicas utilizadas nos processos de moagem, cozimento, fermentação e principalmente de secagem (Belyea et al., 2010; U.S. Grains Council, 2008).

O processamento do milho na indústria para a produção de etanol é o principal fator que causa maior variação no valor nutricional dos DDG's (Kleinschmit et al., 2006), alterando principalmente a disponibilidade da fração proteica. DDG's de diferentes fontes variam muito em composição química e disponibilidade dos nutrientes (Murthy et al., 2009).

Entre todos os aminoácidos, a lisina é o aminoácido mais variável, apresentando um coeficiente de variação médio de 17,3%, compondo de 2,9% a 25,7% no teor de aminoácidos totais no DDG (Spiels et al., 2002). Além da alta variação no conteúdo, a digestibilidade da lisina também é comprometida, podendo ser reduzida de 86,0 para 32,4% em situações de aquecimento excessivo na indústria (Boucher et al., 2009).

Há trabalhos que uma correlação entre a coloração do DDG e o teor de lisina, em que quanto mais escuro for o DDG, menor o teor deste aminoácido, portanto é recomendável que os grãos de destilaria sejam mais claros uma vez que a lisina juntamente com a metionina são os principais aminoácidos limitantes para a produção animal (Acharya et al., 2015; Paz e Kononoff, 2014; NRC, 2001). O WDG por não passar pelo tratamento térmico da secagem possui melhores teores de lisina digestível na proteína do alimento.

A exposição a altas temperaturas além de danificar ou desnaturar a proteína do DDG (Kleinschmit et al., 2006), pode provocar a formação de um complexo entre o nitrogênio e a fibra em detergente ácido (FDA), o que torna a proteína menos disponível (Firkins et al., 1984; Licitra et al., 1996).

Van Soeste (1965) sugeriu que os complexos estáveis do nitrogênio são formados entre o grupamento amino e o grupamento aldólico durante a reação de Maillard. A ocorrência dessa reação em alimentos depende de vários fatores: temperaturas elevadas (acima de 40°C já pode ocorrer a reação que é potencializada com aumento da temperatura), atividade de água na faixa de 0,4 a 0,7, pH na faixa de 6 a 8, umidade relativa de 30% a 70%. Além desses fatores, a composição do alimento também influencia na ocorrência da reação (Kwak e Lim, 2004).

A reação de Maillard ocorre em três fases (inicial, intermediária e final). Os açúcares redutores e aminoácidos interagem em que seus grupamentos aldólico (COH) e amino (NHR) ao reagirem liberam uma molécula de água.

O aquecimento excessivo aumenta o nitrogênio ligado ao FDA (NIDA) e diminui a digestibilidade da proteína em 12 até 60% (Bechtel et al., 1945; Weiss et al., 1986). No entanto, vários estudos demonstraram que quantidades variáveis de nitrogênio ligado ao FDA (NIDA) particularmente encontrado em alimentos concentrados, pode fornecer aminoácidos pós-ruminalmente (Klopfenstein et al., 2008; Nakamura et al., 1994). Schawb et al. (2003) observaram digestibilidade aparente do nitrogênio (61,3 a 65,1 ± 1,3%) entre diferentes fontes de grãos de destilaria com valores de NIDA amplamente variáveis (7,8 a 27,9% do N total). As estimativas de PNDR e digestibilidade da PNDR para grãos de destilaria de milho segundo o NRC (2001) são 50,8 e 80,0%, respectivamente.

2.4 Obtenção do DDG

O processo em que o grão de cereal é fermentado e transformado em etanol foi descrito por Stock et al, (2000), cerca de 2/3 do grão de milho é amido, o qual é fermentado a etanol no processo industrial. A hidrólise do amido pode ser feita de forma diferente de acordo com a indústria em questão e o país onde se produz o etanol (COUNCIL, 2008).

O processo de obtenção do DDG inicia com a moagem dos grãos, sendo esta, uma fase diversificada variando com o tipo de grão usado (Stock et al., 2000). Se

tratando do DDG produzido a partir do milho este deve ser triturado a fim de expor o conteúdo do amido. O milho é constituído por três principais partes: pericarpo, gérmen e endosperma (Figura 1).

O pericarpo é a uma multicamada espessa localizada na superfície externa representando 5% do grão, com função de proteção contra o ataque microbiano. No pericárdio há alta deposição de lignina que é depositada durante o espessamento da parede secundária, além disso pode haver ésteres que impede a absorção de água. Outra fração do grão é o gérmen, o qual é constituído pelo eixo embrionário e pelo escutelo, representando 11% do grão. O eixo embrionário dará origem à planta da próxima germinação e o escutelo é um órgão de absorção e secreção, responsável por atender às exigências do eixo embrionário, sendo rico em lipídeos e proteína e pobre em amido. O endosperma é a fração de importância para a indústria, representa mais de 80% do grão, é constituído principalmente de amido, que é fermentado para produção do álcool (Correa et al., 2002; Mcallister et al., 2006).

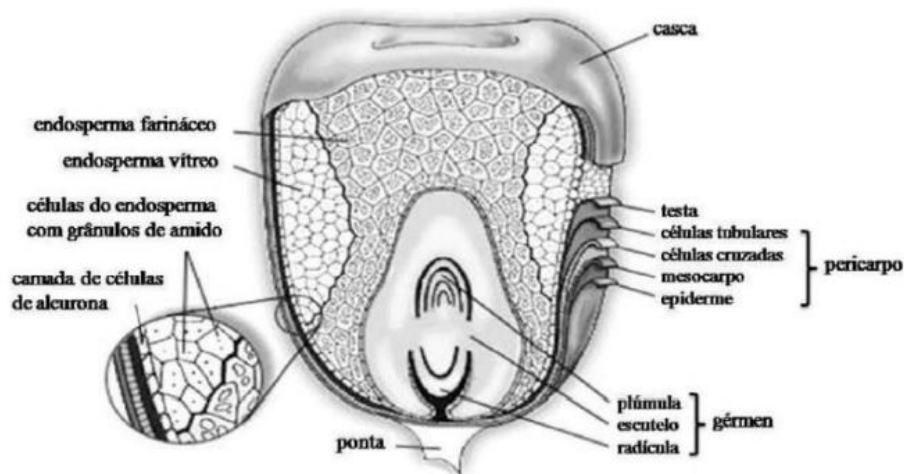


Figura 1. Anatomia do milho. Fonte: Paes (2006)

A moagem do milho é realizada com aproximadamente 15% de umidade, após a destruição do pericarpo e redução das partículas do grão, esse material é transferido para o tanque de cozimento (*“slurry tank”*) onde é adicionado água e a enzima α -amilase, formando material de alta viscosidade e bastante espesso semelhante a um “lodo” (*“slurry”*). O material é cozido a 80-85° C por 8 a 16 horas dependendo da indústria de produção de álcool. Após o cozimento e ação da enzima α -amilase ocorre a formação de uma massa conhecida por mosto. O pH desse

material é mantido entre 6,0 e 6,5, faixa ideal para a ação da α -amilase. Nesta fase de cozimento do mosto, as temperaturas são rigorosamente controladas para garantir a máxima atividade da α -amilase.

O mosto é transferido ao tanque de sacarificação, onde ocorre a adição da enzima glucoamilase que hidrolisa a dextrina em glicose. Nesta fase, algumas plantas de produção adicionam ácido sulfúrico no processo, pois o pH ideal de ação da enzima glucoamilase situa-se entre 4,0 e 5,5 (OSHA, 2015). Tal fato explica as elevadas concentrações de enxofre em alguns DDG's.

O mosto após a sacarificação será transferido para os tanques de fermentação para a ação das leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) durante 40-60 horas. É nesta fase onde ocorre a transformação dos açúcares em etanol, seguido por um processo de destilação (Burhoop et al., 2017; Carlson, 2017). Ao final haverá uma concentração de 10 a 12% de álcool no conteúdo líquido (Bothast e Schlicher, 2005). O material líquido após a fermentação é separado e posteriormente purificado para a obtenção do etanol com aproximadamente 99% de pureza.

Para realizar a separação dos constituintes, a mistura é bombeada por um sistema contínuo de destilação de várias colunas, onde se utiliza os diferentes pontos de ebulição dos líquidos para separá-los em etanol, água e vinhaça. O etanol nesta etapa ainda contém água e passa por mais um processo de separação e purificação para produzir um produto com mais de 99% de etanol (Burhoop et al., 2017).

O material remanescente da fermentação é chamado de vinhaça pesada com aproximadamente 35% de MS, o qual é centrifugado para separar os sólidos e líquidos. O processamento do material remanescente é a fase em que alterações no ciclo de produção alteram a qualidade do produto final. O grão úmido de destilaria (WDG) por não passar por aquecimento para a secagem está menos susceptível a perda de qualidade por calor em excesso.

A vinhaça pesada (líquido e sólidos) passa por um processo de evaporação para produzir os solúveis condensados (CDS) com cerca de 20 a 30% de MS. A fração sólida da vinhaça pesada, o é o WDG. Para a separação deste material sólido da vinhaça pesada, esta passa por centrifugação, e o material final apresenta cerca de 35% de MS. O WDG pode passar por secagem para a produção do DDG. O processo de secagem do WDG gera o DDG com aproximadamente 90% de MS.

O CDS que foi separado da vinhaça pesada pode ser posteriormente combinado aos grãos úmidos para formar o WDGS ou aos grãos secos para formar o

A qualidade das matérias-primas utilizadas, as técnicas industriais, a eficiência de conversão do amido, a temperatura e a duração da secagem, são fatores que influenciam diretamente na qualidade nutricional do DDG, neste sentido, conhecer o coproduto é fundamental para o sucesso na produção animal.

A variação na qualidade e na composição do DDG reflete em diferentes respostas sobre parâmetros de fermentação ruminal, digestibilidade e desempenho dos animais. Existe uma grande divergência nas informações disponíveis na literatura, o que dificulta a adoção de níveis seguros de inclusão deste ingrediente nas rações. O desafio na utilização do DDG em rações para cordeiros está no conhecimento da real composição nutricional e o teor de inclusão ótimo na dieta.

2.5 DDG e o desempenho animal

O desempenho de animais consumindo DDG pode ser satisfatório desde que as dietas sejam formuladas de acordo com as exigências nutricionais. Alguns estudos apontam que os coprodutos da agroindústria do etanol de milho podem compor dietas de ruminantes em até 40% sem efeitos negativos no desempenho de animais ruminantes (Buckner et al., 2011; Garland et al., 2019; Ham et al., 1994)

O DDG é um alimento proteico e possui maior conteúdo de PNDR quando comparado com outras fontes de proteína. De acordo com o modelo mecanístico proposto por NASEM (2016), o valor de PNDR (% PB) do DDG é 65,93% e do WDGS é 67,93%, em comparação com valores de 30,4% do caroço de algodão e 29,5 a 44,0% do farelo de soja.

A PNDR tem maior eficiência energética em comparação a proteínas degradáveis no rúmen, por não sofrer perdas durante a fermentação ruminal (Klopfenstein et al., 2008). É comum em dietas com alta inclusão de DDG haver um excesso de proteína metabolizável (PM). Essa proteína em excesso pode ser convertida em energia pelo animal e apresentar maior eficiência energética (NASEM, 2016).

Para otimizar a fermentação ruminal, é necessário haver um balanço de PNDR e proteína degradável no rúmen (PDR). O teor ideal de PDR dietético tem potencial para melhorar a eficiência de utilização do nitrogênio (McGuire et al., 2013), fermentação ruminal (Cappellozza et al., 2013), digestibilidade dos nutrientes (Chegini et al., 2019), desempenho (Santos et al., 2015) e características de carcaça (Wood et

al., 2008) em cordeiros em crescimento. Independentemente do teor de proteína da dieta, o desempenho de cordeiros é altamente influenciado pelo teor de PDR na dieta (Haddad et al., 2005; Karamnejad et al., 2019)

O DDG além de fonte de proteínas é também fonte de energia em dietas de alto concentrado. Tem sido demonstrado que os coprodutos da indústria do etanol (DDG; DDGS) tem um nível de energia mais alto que o milho, valores entre 100% e 125% em comparação com grãos de milho na dieta de bovinos de corte (Lardy e Anderson, 2014). Contudo, o teor de energia do DDG pode variar de acordo com o processamento, sendo que os DDG's que apresentam alto teor de lipídeos apresentam maior valor energético (Buckner et al., 2011; Ham et al., 1994; Loy e Lundy, 2018).

A partir dos resultados observados na literatura, a recomendação de inclusão na dieta é de aproximadamente 30% da MS (Felix et al., 2012; Ham et al., 1994; Garland et al., 2019). Leupp et al, (2009) reportaram diminuição no consumo de matéria orgânica em dietas com 60% de DDG em substituição ao milho. Felix et al. (2012) observaram efeito linear decrescente na eficiência alimentar de cordeiros quando a inclusão do DDGS foi superior a 30% na dieta. Os mesmos autores relataram redução na digestibilidade da matéria orgânica.

O teor máximo de inclusão dos coprodutos do etanol de milho em dieta para cordeiros em confinamento continua sendo muito discutido entre pesquisadores e produtores. Em razão das flutuações de preço no mercado de commodities, há momentos em que incluir DDG em níveis mais elevados nas dietas trará benefícios econômicos. Dessa maneira, mais pesquisas devem ser realizadas com o intuito de investigar os efeitos da alta inclusão de DDG sobre o ganho de peso e eficiência alimentar, especialmente em cordeiros, cujas informações são limitadas.

2.6 DDG e o metabolismo ruminal

A celulose, hemicelulose e proteína são os três componentes principais do DDG que serão fermentados no rúmen. A celulose e a hemicelulose são degradadas e utilizadas como fonte de carbono para o crescimento microbiano e a PDR é degradada no rúmen para ser fonte de aminoácidos ou compostos nitrogenados para a síntese de proteína microbiana (Pmic).

O DDG, apesar de ser originado de ingredientes energéticos como o milho, o seu conteúdo energético é principalmente a fibra digestível. No caso do milho, o principal componente energético é o amido (Schingoethe, 2009). Em função da alteração do substrato fermentescível no rúmen acredita-se que o aumento nos níveis de DDG na dieta possa contribuir para o aumento do pH ruminal. Reis et al. (2020) associou os resultados superiores para o CMS, GMD e EA de bovinos alimentados com 21% de DDGS ao melhor ambiente ruminal. Contudo, outros autores não observaram efeito sobre o pH ruminal ao incluir DDG na dieta (Zhang et al., 2010; Benchaar et al., 2013).

Os três principais AGCC produzidos no rúmen são acetato, propionato e butirato. Devido ao alto conteúdo de carboidratos fibrosos no DDG, é esperado que a sua inclusão na dieta promova aumento da relação acetato:propionato e reduza a produção total de AGCC.

Devido ao alto teor de PNDR no DDG é necessário atentar ao atendimento da exigência ruminal de nitrogênio afim de manter o crescimento microbiano e digestibilidade. O não atendimento da exigência de PDR no rúmen resulta em menor digestibilidade da matéria orgânica, como já observado por outros autores (Felix et al., 2012; Bechaar et al., 2013). A redução na digestibilidade ruminal pode ser associado ao menor teor de amido na dieta, uma vez que este ingrediente energético é altamente fermentescível e sustenta um maior crescimento microbiano quando comparado a fração fibrosa.

Os efeitos do DDG sobre a digestibilidade dos nutrientes e a fermentação ruminal são dependentes do teor de inclusão na dieta e da qualidade do DDG. Os grãos secos de destilaria que são expostos a calor em demasia durante o processo de secagem apresentam menor teor de matéria orgânica passível de digestão no rúmen e no trato posterior (Boucher et al., 2009; Silva et al., 2020).

O DDG, embora usado em larga escala para animais ruminantes ainda faltam informações consistentes dos efeitos sobre a fermentação ruminal e digestibilidade dos nutrientes em cordeiros em confinamento. Vale destacar que a maioria das informações disponíveis na literatura são para espécie bovina e utilizaram os grãos secos de destilaria americano, ou seja, oriundo de grãos farináceos. Por sua vez, o DDG do Brasil é oriundo do milho duro, que apresenta maior teor de prolaminas (zeínas) e lignina. A composição diferenciada entre os DDG's afeta a fermentação ruminal e consequentemente digestibilidade da dieta. Neste sentido, conhecer o DDG

e sua composição é fundamental para compreender seus efeitos na fermentação ruminal, na digestibilidade dos nutrientes e no desempenho animal.

Referências

- Abdalla, A.L., Da Silva Filho, J.C., De Godoi, A.R., De Almeida Carmo, C., De Paula Eduardo, J.L., 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 260–268. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300030>
- Acharya, I. P.; Schingoethe, D. J.; Kalscheur, K. F.; Casper, D. P.. Response of lactating dairy cows to dietary protein from canola meal or distillers' grains on dry matter intake, milk production, milk composition, and amino acid status. *Canadian Journal Of Animal Science*, South Dakota, v. 95, n. 2, p. 267-279, jun. 2015. Canadian Science Publishing. [http:// dx.doi.org/10.4141/cjas-2014-130](http://dx.doi.org/10.4141/cjas-2014-130).
- Ajila, C.M., Brar, S.K., Verma, M., Tyagi, R.D., Godbout, S., Valéro, J.R., 2012. Bio-processing of agro-byproducts to animal feed. *Crit. Rev. Biotechnol.* 32, 382–400. <https://doi.org/10.3109/07388551.2012.659172>
- Archibeque, S.L., Freetly, H.C., Ferrell, C.L., 2008. Feeding distillers grains supplements to improve amino acid nutriture of lambs consuming moderate-quality forages. *J. Anim. Sci.* 86, 691–701. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0139>
- Azevêdo, A. G. J., de Campos Valadares Filho, S., dos Santos Pina, D., Detmann, E., Ferreira Diniz Valadares, R., Gustavo Ribeiro Pereira, L., Krish de Paiva Souza, N., Fernando Costa Silva, L., 2011. Intake, total digestibility, microbial protein production and the nitrogen balance in diets with fruit by-products for ruminants. *Rev. Bras. Zootec.* 40, 1052–1060.
- Batal, A.B., Dale, N.M., 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 15, 89–93. <https://doi.org/10.1093/japr/15.1.89>

- Barros, N.N., Vasconcelos, V.R. de, Wander, A.E., Araújo, M.R.A. de, 2005. Eficiência bioeconômica de cordeiros F1 Dorper x Santa Inês para produção de carne. *Pesqui. Agropecuária Bras.* 40, 825–831. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2005000800014>
- Benchaar, C., Hassanat, F., Gervais, R., Chouinard, P. Y., Julien, C., Petit, H. V., & Massé, D. I. 2013. Effects of increasing amounts of corn dried distillers grains with solubles in dairy cow diets on methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *Journal of Dairy Science*, 96(4), 2413-2427. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6037>
- Bechtel, H.E., Shaw, A.O., Atkeson, F.W., 1945. Brown Alfalfa Hay—Its Chemical Composition and Nutritive Value in Dairy Rations. *J. Dairy Sci.* 28, 35–48. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(45\)95141-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(45)95141-1)
- Belyea, R.L., Rausch, K.D., Clevenger, T.E., Singh, V., Johnston, D.B., Tumbleson, M.E., 2010. Sources of variation in composition of DDGS. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.005>
- Bothast, R.J., Schlicher, M.A., 2005. Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 67, 19–25. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1819-8>
- Böttger, C., Südekum, K.H., 2017. European distillers dried grains with solubles (DDGS): Chemical composition and in vitro evaluation of feeding value for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 224, 66–77. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.12.012>
- Boucher, S.E.; Calsamiglia, S.; Parsons, C.M.; Stern, M.D.; Moreno, M. Ruiz; Vázquez-añón, m.; Schwab, C.G.. In vitro digestibility of individual amino acids in rumen- -undegraded protein: the modified three-step procedure and the immobilized digestive enzyme assay. *Journal of Dairy Science*, New York, v. 92, n. 8, p. 3939-3950, ago. 2009. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2008-1992>

- Buckner, C.D., Wilken, M.F., Benton, J.R., Vanness, S.J., Bremer, V.R., Klopfenstein, T.J., Kononoff, P.J., Erickson, G.E., 2011. Nutrient variability for distillers grains plus solubles and dry matter determination of ethanol by-products. *Prof. Anim. Sci.* 27, 57–64. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30445-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30445-9)
- Burhoop, J.E., Jolly-Breithaupt, M.L., Gramkow, J.L., Luebke, M.K., MacDonald, J.C., Erickson, G.E., 2017. 345 Impact of feeding distiller's grains with or without oil removal as well as oil replenished on nutrient digestibility by finishing cattle. *J. Anim. Sci.* 95, 168–168. <https://doi.org/10.2527/asasmw.2017.345>
- Cappellozza, B.I., Bohnert, D.W., Schauer, C.S., Falck, S.J., Vanzant, E.S., Harmon, D.L., Cooke, R.F., 2013. Daily and alternate day supplementation of urea or soybean meal to ruminants consuming low-quality cool-season forage: II. Effects on ruminal fermentation. *Livest. Sci.* 155, 214–222. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.002>
- Carlson, Z.E., 2017. Evaluation of protein and fiber from distillers grains plus solubles in finishing beef cattle diets. Thesis University of Nebraska, Lincoln, Nebraska. Disponível em: <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1151&context=animals> acesso em out. 2022
- CNA. Confederação da agricultura e pecuária do brasil - Mercado de Carne: balanço de produção compra e comercialização de carne. Pesquisa Social e do Agronegócio, 2018
- Correa, C. E., R. D. Shaver, M. N. Pereira, J. G. Lauer, and K. Kohn. 2002. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. *Journal of Dairy Science*, 85:3008–3012. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74386-5.
- Chegini, R., Kazemi-Bonchenari, M., Khaltabadi-Farahani, A.H., Khodaei-Motlagh, M., Salem, A.Z.M., 2019. Effects of liquid protein feed on growth performance and ruminal metabolism of growing lambs fed low-quality forage and compared to conventional protein sources. *J. Agric. Sci.* 157, 272–280. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000595>

- de Evan, T., Cabezas, A., de la Fuente, J., Carro, M.D., 2020. Feeding agroindustrial byproducts to light lambs: Influence on growth performance, diet digestibility, nitrogen balance, ruminal fermentation, and plasma metabolites. *Animals* 10. <https://doi.org/10.3390/ani10040600>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>. Acesso em out. 2022.
- Felix, T.L., Zerby, H.N., Moeller, S.J., Loerch, S.C., 2012. Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 90, 1356–1363. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4373>
- Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 89, 4120–4126. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417>
- Firkins, J.L., Berger, L.L., Fahey, G.C., Merchen, N.R., 1984. Ruminal Nitrogen Degradability and Escape of Wet and Dry Distillers Grains and Wet and Dry Corn Gluten Feeds. *J. Dairy Sci.* 67, 1936–1944. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81527-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81527-1)
- Garland, S.A., Boyd, B.M., Erickson, G.E., Macdonald, J.C., 2019. Evaluation of Fractionated Distillers Grains (High Protein and Bran Plus Solubles) on Performance and Carcass Characteristics in Finishing Diets. *Nebraska Beef Cattle Rep.* 1021, 88–90.
- Haddad, S.G., Mahmoud, K.Z., Talfaha, H.A., 2005. Effect of varying levels of dietary undegradable protein on nutrient intake, digestibility and growth performance of Awassi lambs fed on high wheat straw diets. *Small Rumin. Res.* 58, 231–236. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2004.10.005>
- Ham, G.A., Stock, R.A., Klopfenstein, T.J., Larson, E.M., Shain, D.H., Huffman, R.P., 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *J. Anim. Sci.* 72, 3246–3257. <https://doi.org/10.2527/1994.72123246x>

- Harmon, D.L., 1993. Nutritional regulation of postruminal enzymes in ruminants. *J. Dairy Sci.* 76:2102-211. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(93)77545-1
- Karamnejad, K., Sari, M., Salari, S., Chaji, M., 2019. Effects of nitrogen source on the performance and feeding behavior of lambs fed a high concentrate diet containing pomegranate peel. *Small Rumin. Res.* 173, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.02.004>
- Kelzer, J.M., Kononoff, P.J., Tedeschi, L.O., Jenkins, T.C., Karges, K., Gibson, M.L., 2010. Evaluation of protein fractionation and ruminal and intestinal digestibility of corn milling co-products. *J. Dairy Sci.* 93, 2803–2815. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2460>
- Kim, Y., N. S. Mosier, R. Hendrickson, T. Ezeji, H. Blaschek, B. Dien, M. Cotta, B. Dale, and M. R. Ladisch. 2008. Composition of corn dry-grind ethanol byproducts: DDGS, wet cake, and thin stillage. *Bioresour. Technol.* 99:5165– 5176
- Kleinschmit DH, Anderson JL, Schingoethe DJ, Kalscheur KF, Hippen AR. Ruminal and intestinal degradability of distillers grains plus solubles varies by source. *Journal of Dairy Science*, 2007; 90: 2909–2918.
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R., 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86, 1223–1231. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0550>
- Lardy, G., Anderson, V., 2014. Feeding Coproducts of the Ethanol Industry to Beef Cattle 1–8. Carl Dahlen, NDSU, Extension service North Dakota State University. Disponível em: <https://www.ag.ndsu.edu/publications/livestock/feeding-coproducts-of-the-ethanol-industry-to-beef-cattle#:~:text=Coproducts%20from%20the%20ethanol%20industry,many%20different%20types%20of%20rations.&text=Ethanol%20is%20a%20biofuel%20that,as%20corn%2C%20sorghum%20or%20wheat>. Acesso em out. 2022
- Leupp, J.L., Lardy, G.P., Karges, K.K., Gibson, M.L., Caton, J.S., 2009. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 87, 2906–2912. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1712>

- Licitra, G. A, T.M. Hernandez b, P.J.V.S. b, 1996. Animal feed science and technology Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Technol.* 56, 347–358.
- Lima, N.L.L., Ribeiro, C.R. de F., de Sá, H.C.M., Leopoldino Júnior, I., Cavalcanti, L.F.L., Santana, R.A.V., Furusho-Garcia, I.F., Pereira, I.G., 2017. Economic analysis, performance, and feed efficiency in feedlot lambs. *Rev. Bras. Zootec.* 46, 821–829. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017001000005>
- Liu, K., 2011. Chemical composition of distillers grains, a review. *J. Agric. Food Chem.* 59, 1508–1526. <https://doi.org/10.1021/jf103512z>
- Loy, D.D., Lundy, E.L., 2018. Nutritional properties and feeding value of corn and its coproducts, 3rd ed, *Corn: Chemistry and Technology*, 3rd Edition. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00023-1>
- Mcallister, T.A.; Gibb, D.J.; Beauchemin, K.A.; Wang, Y. Starch type, structure and ruminal digestion. In: *Cattle Grain Processing Symposium*, 86., 2006, Tulsa. *Proceedings...* Tulsa: Oklahoma State University, 2006. p. 30-41
- MacDonald, J. 2018. Does removing nutrient components from distillers grains affect the feeding value for beef cattle. 22nd Annual Distillers Grains Symposium, Des Moines - Iowa - United States, 16–18 May, 2018. 30 slides. Disponível em <<https://distillersgrains.org/wp-content/uploads/2018/05/1-MacDonald-Nutrient-Components-Distillers-Grains-Beef-Cattle.pdf>> Acesso em: out. 2022.
- McGuire, D.L., Bohnert, D.W., Schauer, C.S., Falck, S.J., Cooke, R.F., 2013. Daily and alternate day supplementation of urea or soybean meal to ruminants consuming low-quality cool-season forage: I-Effects on efficiency of nitrogen use and nutrient digestion. *Livest. Sci.* 155, 205–213. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.05.015>
- Morais, M.G., Fernandes, H.J., Oliveira, L.B., Ribeiro, C.B., Souza, A.R.D.L., Franco, G.L., Ítavo, C.C.B.F., Andrade, A.G.F., Ítavo, L.C.V., Melo, G.K.A., Walker, C.C., 2016. Exigências de energia de borregas mestiças alimentadas com níveis crescentes de concentrado na dieta. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 68, 1023–1032. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8735>

- Murthy, G.S., Sall, E.D., Metz, S.G., Foster, G., Singh, V., 2009. Evaluation of a dry corn fractionation process for ethanol production with different hybrids. *Ind. Crops Prod.* 29, 67–72. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.04.006>
- Nakamura, T., Klopfenstein, T.J., Britton, R.A., 1994. Evaluation of acid detergent insoluble nitrogen as an indicator of protein quality in nonforage proteins. *J. Anim. Sci.* 72, 1043–1048. <https://doi.org/10.2527/1994.7241043x>
- NASEM. 2016. *Nutrient Requirements for Beef Cattle*, 8th Rev. Ed. Washington, DC. National Academy Press. doi.org/10.17226/19014
- NRC. 2001. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*, 7th rev. Natl. Acad. Press ed., Washington, DC
- Nuez Ortín, W.G., Yu, P., 2009. Nutrient variation and availability of wheat DDGS, corn DDGS and blend DDGS from bioethanol plants. *J. Sci. Food Agric.* 89, 1754–1761. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3652>
- OSHA. Occupational Safety and Health Administration. 2015. Section II: Ethanol industry and process descriptions. https://www.osha.gov/dts/osta/otm/otm_iv/descriptions.pdf. Accessed: Jun 10, 2019
- Pacheco, P.S., Vaz, F.N., Pascoal, L.L., Santos, J.P.A., Vaz, R.Z., 2012. Indicadores econômicos da terminação em confinamento de novilhos jovens abatidos com diferentes pesos. *Congr. Da Soc. Bras. Econ. Adm. E Sociol. Rural* 50, 1–14.
- Paes, M.C.D. 2006. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. Sete Lagoas: EMBRAPA, CNPMS.6p. (Circular Técnico, 75).
- Paz, H.A.; Kononoff, P.J.. Lactation responses and amino acid utilization of dairy cows fed low-fat distillers dried grains with solubles with or without rumen-protected lysine supplementation. *Journal Of Dairy Science*, West Point, v. 97, n. 10, p. 6519- 6530, out. 2014. American Dairy Science Association. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2014-8315>.

- Pinto da Rosa, P., Padilha Nunes, L., Garavaglia Chesini, R., Nunes Pozada, T., Freitas Silva, G., Da Silva Camacho, J., Ramos Faria, M., Nassy Mota, G., Geter Lauz Ferreira, O., Alvariz Lopes, A., 2019. Utilização De Coprodutos Industriais Na Alimentação De Ruminantes: Revisão Bibliográfica. *Rev. Científica Rural* 21, 222–234. <https://doi.org/10.30945/rcr-v21i3.2695>
- Piola, W., De Azambuja Ribeiro, E.L., Mizubuti, I.Y., Da Silva, L.D.D.F., Da Rocha, M.A., Barbosa, M.A.A.F., De Sousa, C.L., De Paiva, F.H.P., 2009. Weight gain and carcass characteristics of lambs receiving different levels of energy in the ration. *Semin. Agrar.* 30, 935–944. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2009v30n4p935>
- Reis, Viviane Amin et al. Performance, beef quality and expression of lipogenic genes in young bulls fed low-fat dried distillers grains. *Meat science*, v. 160, p. 107962, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107962>
- Santos, R.S., Ribeiro, K.G., Filho, S.C.V., Pereira, O.G., Villela, S.D.J., Rennó, L.N., Silva, J.L., 2015. Effects of diets with high and low protein contents and two concentrate levels in Santa Ines×Texel lambs. *Livest. Sci.* 177, 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.04.011>
- Sañudo, C., Muela, E., Del Mar Campo, M., 2013. Key factors involved in lamb quality from farm to fork in Europe. *J. Integr. Agric.* [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60629-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60629-2)
- Schauer, C.S., Stamm, M.M., Maddock, T.D., Berg, P.B., 2008. Feeding of DDGS in lamb rations. *Sheep Goat Res. J.* 23, 15–19.
- Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., Garcia, A.D., 2009. The use of distillers products in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 92, 5802–5813. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2549>
- Schwab, C. G., Tylutki, T. P., Ordway, R. S., Sheaffer, C., & Stern, M. D. 2003. Characterization of proteins in feeds. *J. Dairy Sci.* 86, E88-E103. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74042-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74042-9)

- Silva, M. R., Melo, M. L. O. F., Silva, V. D. M., Augusti, R., Melo, J. O. F., Curty, T. A., ... e Bermudes, R. F. 2021. Utilização de ddg e wdg na nutrição de ruminantes. *Utilização de ddg e wdg na nutrição de ruminantes*, 1(12), 151-169. DOI: 10.37885/211106630
- Silvestre, A.M., Millen, D.D., 2021. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Rev. Bras. Zootec.* 50. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200189>
- Spiehs, M. J.; Whitney, M. H.; Shurson, G. C.. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, Oxford, v. 80, n. 10, p. 2639, 2002. Oxford University Press (OUP). [http:// dx.doi.org/10.2527/2002.80102639x](http://dx.doi.org/10.2527/2002.80102639x).
- Stock, R.A., Lewis, J.M., Klopfenstein, T.J., Milton, C.T., 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. *J. Anim. Sci.* 77, 1. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77e-suppl1w>
- Tjardes, K., 2002. Feeding Corn Distiller's Co-Products to Beef Cattle. *Anim. Range Sci.* 6.
- UNEM. União Nacional de Etanol de Milho. Cenário do etanol de milho no Mato Grosso - e no Brasil. 2022.
<<https://www.novacana.com/n/eventos/ricardo-tomczyk-unem-desafios-etanol-milho-mato-grosso-brasil-030719>> Acessado em: out. 2022.
- U.S. Grains Council, 2008. Use of DDGS in Sheep and Goat Diets Introduction Growing-Finishing Lambs. A Guid. to Distill. Dried Grains With Solubles 1–5.
- Waller, J., Klopfenstein, T., Poos, M., 1980. Distillers Feeds as Protein Sources for Growing Ruminants². *J. Anim. Sci.* 51, 1154–1167. <https://doi.org/10.2527/jas1980.51511154x>
- Weiss, W.P., Conrad, H.R., Shockey, W.L., 1986. Digestibility of Nitrogen in Heat-Damaged Alfalfa. *J. Dairy Sci.* 69, 2658–2670. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80713-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80713-5)

Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M., 2008. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 78, 343–358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>

Zhang, S. Z., G. B. Penner, W. Z. Yang, and M. Oba. 2010. Effects of partially replacing barley silage or barley grain with dried distillers grains with solubles on rumen fermentation and milk production of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 93:3231–3242 DOI:10.3168/jds.2009-3005

3 OS EFEITOS DO DDG SOBRE A DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES, BALANÇO DE NITROGÊNIO E FERMENTAÇÃO RUMINAL

Resumo

Os objetivos do presente estudo foram avaliar os efeitos da inclusão do grão seco de destilaria (DDG) na dieta de cordeiros em confinamento sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e produção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e metano. Foram utilizados cinco cordeiros mestiços (Dorper x Santa Inês), canulados no rúmen, castrados, com peso inicial de $60,76 \pm 10,82$ kg (média \pm desvio padrão) e idade inicial de $17,6 \pm 3,9$ meses (média \pm desvio padrão), distribuídos em delineamento quadrado latino 5 x 5. As dietas continham 90% concentrado e 10% feno de Coastcross (*Cynodon* sp.), a inclusão de DDG foi em teores crescentes: 0, 15, 30, 45 e 60% na dieta total (% matéria seca, MS), que correspondeu aos tratamentos experimentais 0DDG, 150DDG, 300DDG, 450DDG e 600DDG, respectivamente. O período experimental foi de 140 dias, divididos em cinco períodos de 28 dias. Todos os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do SAS. Os efeitos do DDG nas dietas foram determinados por contrastes polinomiais linear, quadrático e cúbico. A inclusão do DDG na dieta reduziu linearmente as variáveis: consumos de MS (CMS) ($P < 0,001$), consumo de matéria orgânica (CMO) ($P = 0,0001$), consumo de carboidrato não fibroso (CCNF) ($P < 0,0001$), digestibilidade da MS ($P > 0,01$), digestibilidade da matéria orgânica ($P > 0,01$), digestibilidade da proteína bruta (PB) ($P > 0,01$) e digestibilidade da fibra em detergente neutro (FDN) ($P > 0,01$). A produção de propionato e butirato (mol/kg/dia; g/kg/dia; kcal/kg/) reduziram linearmente ($P < 0,01$) com o aumento do DDG na dieta. De outra forma, não houve efeitos sobre a produção acetato e metano (mol/kg/dia; g/kg/dia; kcal/kg/dia). A perda energética relativa apresentou resposta quadrática ($P > 0,01$), com o ponto de máxima no tratamento 0DDG. Não houve efeito dos tratamentos sobre o pH ruminal. O nitrogênio retido em g/dia ($P = 0,05$) e em porcentagem do nitrogênio consumido ($P > 0,01$) diminuiu linearmente com o aumento do DDG nas dietas. O DDG estudado em todos os teores de inclusão reduziu a fermentação ruminal e piorou o aproveitamento dos nutrientes, contudo diante da grande variedade de DDG produzidos no Brasil são necessários mais estudos testando o DDG de diferentes origens.

Palavras-chave: Coproduto. DDG. Confinamento. Ovinos. Propionato. Metano.

Abstract

The objectives of the present study were to evaluate the effects of the inclusion of dried distillers grain (DDG) in the diet of feedlot lambs on the intake and digestibility of nutrients, production of short-chain fatty acids (SCFA) and methane. Five crossbred lambs (Dorper x Santa Inês), cannulated in the rumen, castrated, with initial body weight of 60.76 ± 10.82 kg (mean \pm standard deviation) and age of 17.6 ± 3.9 months

(mean \pm deviation standard), distributed in a 5 x 5 Latin square design. The diets contained 90% concentrate and 10% Coastcross hay (*Cynodon* sp.), the inclusion of DDG was in increasing levels: 0, 15, 30, 45 and 60% in the total diet (% dry matter, DM), which corresponded to the experimental treatments 0DDG, 150DDG, 300DDG, 450DDG and 600DDG, respectively. The experimental period was 105 days, divided into five periods of 21 days. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure. The effects of DDG on diets were determined by linear, quadratic and cubic polynomial contrasts. The inclusion of DDG in the diet linearly reduced the variables: DM intake (DMI) ($P < 0.001$), organic matter (OM) intake ($P = 0.0001$), non-fiber carbohydrate (NFC) intake ($P < 0.0001$), DM digestibility ($P > 0.01$), OM digestibility ($P > 0.01$), crude protein (CP) digestibility ($P > 0.01$) and neutral detergent fiber (NDF) digestibility ($P > 0.01$). Propionate and butyrate production (mol/kg/day; g/kg/day; kcal/kg/) showed a linear decrease ($P < 0.05$) with increasing DDG in the diet. Otherwise, there were no effects on acetate and methane production (mol/kg/day; g/kg/day; kcal/kg/day) ($P < 0.05$). The relative energy loss presented a quadratic response ($P > 0.01$), with the maximum point in the 0DDG treatment. There was no effect of treatments on ruminal pH. Nitrogen retained in g/day ($P = 0.05$) and as a percentage of nitrogen consumed ($P > 0.01$) decreased linearly with increasing DDG in the diets. The DDG studied at all inclusion levels reduced ruminal fermentation and worsened the use of nutrients, however, given the wide variety of DDG produced in Brazil, further studies are needed testing DDG from different sources.

Keywords: Byproduct. DDG. Feedlot. Sheep. Propionate. Methane.

3.1 Introdução

Segundo a USDA (2022), a produção total de milho no Brasil para a safra 2021/22 é estimada em um recorde, de 114,0 milhões de toneladas métricas. O aumento na produção de milho estimulou um aumento de 31% na produção de etanol. No ano 2021 a produção foi de 3,1 bilhões de litros e em 2022, a estimativa de produção no Brasil é de 4,5 bilhões de litros.

O DDG é o principal coproduto após a fermentação do amido do milho para a produção do etanol. O DDG contém em média 36% de fibra em detergente neutro (FDN), 23% de fibra em detergente ácido (FDA) e 30% de PB sendo 50% proteína não degradável no rúmen (PDR). A metionina e a lisina compõem o DDG respectivamente em 0,55 e 0,77% na MS (NRC, 2001). Dessa maneira, a fração proteica do DDG é uma excelente fonte de proteína by-pass (Firkins et al., 1984; Liu, 2011; NASEM, 2016).

O aumento na produção de etanol associado ao alto custo dos grãos fortaleceu o uso do DDG como fonte de energia e proteína em dietas de ruminantes

(Archibeque et al., 2008; Klopfenstein et al., 2008; Stock et al., 2000; Vander Pol et al., 2009). O qual vem sendo utilizado em larga escala na alimentação de bovinos com resultados positivos sobre o desempenho (NASEM, 2016).

Em alguns estudos recentes, nenhum efeito no desempenho de pequenos ruminantes foi relatado em dietas com até 300-450 g de DDG/kg MS (Castro-Pérez et al., 2014; Felix et al., 2012; Sorensen et al., 2021). Os efeitos do DDG sobre o desempenho e fermentação ruminal são dependentes do teor de inclusão e qualidade do coproduto. Alguns estudos sugerem que a inclusões de DDG superiores a 300g/kg de MS reduzem a digestibilidade da dieta (Crane et al., 2017; de Evan et al., 2020; Felix et al., 2012) e a concentração de ácidos graxos de cadeia curta (Benchaar et al., 2013; Leupp et al., 2009).

Em países como os Estados Unidos, onde cerca 95% do etanol é produzido a partir do milho, o DDG já é usado em larga escala. Por outro lado, no Brasil a utilização ainda é leniente, faltam informações na literatura sobre os efeitos do DDG na alimentação de cordeiros, especialmente avaliando o DDG disponível no Brasil. O milho produzido no Brasil é diferente do milho produzido nos Estados Unidos, e vale lembrar que a composição do DDG varia em função da matéria prima utilizada e do processamento realizado na usina para a produção do etanol (Klopfenstein et al., 2008).

Diante do potencial agrônômico e pecuário do Brasil conhecer os efeitos do DDG produzido no país é fundamental, a fim de disponibilizar informações a comunidade científica e técnica, além de promover a utilização do coproduto.

Nos hipostenizamos que o DDG pode ser utilizado em dietas de alto concentrado para cordeiros em confinamento, contudo altos níveis de inclusão podem acarretar redução da eficiência de uso dos nutrientes. Diante disso, os objetivos do presente estudo foram avaliar os efeitos de níveis crescentes do DDG sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, parâmetros de fermentação ruminal e balanço de nitrogênio em cordeiros consumindo dietas com alto teor de concentrado.

3.2 Materiais e Métodos

3.2.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi conduzido nas instalações para estudos metabólicos com ovinos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba - SP (22° 42' 24" S e 47° 37' 53" O), Brasil. Todos os procedimentos realizados foram de acordo as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola Superior de Agricultura (CEUA/ESALQ) com o número de registro 5827061021.

Foram utilizados cinco ovinos machos canulados no rúmen, castrados, mestiços (Dorper x Santa Inês), com peso médio inicial de $60,76 \pm 10,82$ kg (média \pm desvio padrão) e idade média de $17,6 \pm 3,9$ meses (média \pm desvio padrão). Um mês antes do início do experimento os animais foram preparados cirurgicamente para colocação das cânulas (Kehl®, São Carlos – SP, Brasil). Após a cicatrização, foram alojados individualmente em gaiolas para ensaios de metabolismo com dimensões de 1,30 x 0,55 m, providas de cocho, bebedouro e sistema para colheita de fezes (bolsas coletoras de fezes) e urina. As gaiolas experimentais apresentavam piso ripado de madeira. Diariamente era feita a limpeza das gaiolas e lavagem dos animais. Os animais eram retirados da gaiola experimental a cada início de período para a manutenção dos cascos. Todos os animais foram desverminados com moxidectina 1,0% (Cydectin, Fort Dodge Saúde Animal, Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1mL/50 kg de peso corporal e receberam aplicação de suplemento vitamínico A, D e E antes do início do experimento.

3.2.2 Delineamento experimental e tratamentos

Os animais foram distribuídos em quadrado latino 5 x 5, sendo cinco tratamentos e cinco períodos experimentais. O experimento teve duração de 140 dias, divididos em cinco períodos de 28 dias, dos quais 15 dias foram destinados à adaptação dos animais às rações experimentais, 5 dias para mensuração do CMS, colheita de fezes e urina, um dia para mensuração do pH ruminal e coleta de líquido

ruminal para a mensuração do N – NH₃, 6 dias de descanso e recuperação do ambiente ruminal e um dia para colheita de conteúdo ruminal, (líquido e sólido) para a realização da técnica *ex situ*.

As dietas experimentais foram formuladas utilizando o software “Small Ruminant Nutrition System” (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004) (Tabela 1). Todos os cordeiros foram alimentados com uma dieta base contendo 90% de concentrado e 10% de feno de Coastcross (*Cynodon* sp.). As dietas experimentais corresponderam a inclusão de 0 (**0DDG**), 15 (**150DDG**), 30 (**300DDG**), 45 (**450DDG**) e 60 (**600DDG**) % de DDG (Tabela 1). A formulação das dietas foi realizada usando a estratégia já adotada a campo, substituindo totalmente o farelo de soja e parcialmente o milho. Afim de atender as exigências ruminais de nitrogênio ruminal as dietas com 150DDG e 300DDG foi adicionado ureia, visto que a substituição do farelo de soja por DDG culmina em menor teor de proteína degradável no rúmen (PDR), contudo as dietas 450DDG e 600DDG haviam um excesso de proteína bruta na dieta o que provavelmente aumenta a reciclagem de nitrogênio via saliva e parede ruminal dessa forma atendendo a exigência de nitrogênio ruminal.

Tabela 1. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/kg MS).

Item	Tratamentos ¹				
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG
<i>Ingredientes</i>					
Feno de <i>Coastcross</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Milho	719,0	705,5	559,0	414,0	264,0
Farelo de soja	145,0	0	0	0	0
DDG ²	-	150,0	300,0	450,0	600,0
Ureia	0	8,5	5	0	0
Cloreto de amônio	5	5	5	5	5
Mistura mineral ³	17	17	17	17	17
Calcário	14	14	14	14	14
Monensina ⁴ , mg/kg MS	25	25	25	25	25
<i>Composição química</i>					
Matéria seca (g/kg MS)	870,0±8,0	874,0±4,4	879,0±6,0	878,0±7,0	879,0±9,9
Matéria orgânica	937,0±18,0	932,0±6,0	930,0±7,0	925,0±6,0	916,0±9,0
Proteína bruta	155,0±7,0	155,0±6,0	176,0±7,0	193,0±5,0	216,0±5,0
N – FDN ⁵	295,0±1,8	332,0±1,5	369,0±1,0	397,0±1,4	434,0±2,5
N – FDA ⁶	42,0±1,0	79,0±1,1	100,0±0,9	121,0±1,3	154,0±1,6
FDN ⁷	163,0±10,2	195,0±8,0	213,0±8,0	232,0±11,0	256,0±9,6
FDA ⁸	59,0±3,0	78,0±8,0	84,0±5,0	95,0±4,0	101,0±7,0
Extrato etéreo	31,0±1,0	30,0±1,0	31,0±1,45	32,0±1,0	34,0±2,0
CNF ⁹	534,0±18,3	481,0±9,0	445,0±11,0	376,0±11,2	312,0±9,3
EM ¹⁰ , Mcal/kg de MS	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6

¹Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno *Coastcross* (*Cynodon sp.*) com a inclusão de 0 (**0DDG**), 15 (**150DDG**), 30 (**300DDG**), 45 (**450DDG**) e 60 (**600DDG**) % de DDG na matéria seca. ² DDG – *dried distillers grains*. ³ Ca: 150 g/kg; P: 40 g/kg; Na: 118 g/kg; Mg: 8 g/kg; S: 19 g/kg; Cu: 300 mg/kg; Mn: 1.250 mg/kg; Zn: 6.480 mg/kg; I: 80 mg/kg; Co: 40 mg/kg; Se: 27 mg/kg; F: 400 mg/kg. ⁴Monensina sódica – Elanco Brasil. ⁵ Nitrogênio ligado a fibra em detergente neutro (% nitrogênio total). ⁶ Nitrogênio ligado a fibra em detergente ácido (% nitrogênio total) ⁷ Fibra em detergente neutro ⁸ Fibra em detergente ácido ⁹ Carboidrato não fibroso ¹⁰ Estimada usando o *Small Ruminant Nutrition System*, v. 1.8.6 (Cannas et al., 2004)

Tabela 2. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS).

Item	Feno de <i>Coastcross</i>	Milho	Farelo de soja
	Média ± SD ¹	Média ± SD	Média ± SD
Matéria seca (g/kg MN)	867,0 ± 0,52	869,0 ± 0,46	892,0 ± 0,56
Matéria orgânica	910,0 ± 0,25	988,0 ± 0,12	936,0 ± 0,18
Proteína bruta	182,0 ± 0,32	96,0 ± 0,18	535,0 ± 0,26
Fibra em detergente neutro	741,0 ± 0,82	117,0 ± 0,06	114,0 ± 0,07
Fibra em detergente ácido	280,0 ± 1,12	28,0 ± 0,05	70,0 ± 0,08
Extrato etéreo	15,0 ± 0,15	31,0 ± 0,08	26,0 ± 0,06
Carboidrato não fibroso	495,0 ± 0,21	739,0 ± 0,10	251,0 ± 0,18

¹Desvio padrão (n = 5)

Tabela 3. Composição química, fracionamento do nitrogênio e cor do DDG usado nas dietas experimentais (g/kg MS)

Item	DDG ¹
	Média ± SD
Matéria seca (g/kg MN)	911,0 ± 0,81
Matéria orgânica	970,0 ± 0,52
Proteína bruta	305,0 ± 0,19
N – FDN ²	51,0 ± 0,81
N – FDA ³	21,0 ± 0,81
Fibra em detergente neutro	422,0 ± 1,83
Fibra em detergente ácido	252,0 ± 1,59
Extrato etéreo	261,0 ± 0,27
Carboidrato não fibroso	18,0 ± 0,11
Cor ⁴	
L*	40,43 ± 0,89
a*	7,12 ± 0,12
b*	31,23 ± 1,20

¹*Dried distillers grains* - grãos secos de destilaria, desvio padrão (n = 5)

² Nitrogênio ligado a fibra em detergente neutro (% nitrogênio total)

³ Nitrogênio ligado a fibra em detergente ácido (% nitrogênio total)

⁴ L* índice de Luminosidade; a* índice vermelho; b* índice de amarelo

3.2.3 Manejo alimentar e colheita de amostras

O feno *Coastcross* foi picado grosseiramente, e o milho foi moído utilizando-se um triturador (Nogueira® DPM – 4, Itapira, Brasil) com peneira com crivos de 1,0 mm. Em seguida, todos os ingredientes das dietas (Tabela 1) foram misturados utilizando-se um misturador horizontal com capacidade para 500 kg (Lucato®, Limeira, Brasil).

Todos os dias do período experimental as dietas foram pesadas em balança eletrônica com precisão de 1 g e ofertadas *ad libitum* às 7 horas da manhã. A quantidade ofertada foi ajustada com base no consumo do dia anterior, não permitindo-se sobras superiores a 10% da quantidade ofertada. Do 16º ao 20º dia de cada período experimental, às 7 horas da manhã, as sobras foram pesadas para determinação do consumo de matéria seca (CMS) por animal. No mesmo horário, diariamente, as fezes e a urina foram quantificadas. Amostras de 10% da dieta ofertada, das sobras, das fezes e da urina foram colhidas, compostas por animal e posteriormente armazenadas a -20 °C.

3.2.4 Digestibilidade aparente dos nutrientes

Nos dias 16, 17, 18, 19 e 20 de cada período experimental, às 7 horas da manhã, as sobras foram pesadas, amostradas (10%) e armazenadas a -18 °C para posterior análise e determinação do consumo de MS e de nutrientes. Nesses mesmos dias e horário foi quantificada a produção fecal total. A colheita de fezes foi realizada por bolsas coletoras de lona, revestidas internamente com napa. As bolsas foram presas aos animais por meio de arreios. As fezes foram pesadas em balança eletrônica (Marte LC 100, São Paulo, Brasil), amostradas (10%) e armazenadas a -18 °C para posterior análise e cálculo de digestibilidade. Para o cálculo do consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT), utilizou-se a equação $NDT = PBD + (EED * 2,25) + CNFD + FDNpD$, em que PBD; CNFD; FDNpD; e EED significam, respectivamente, consumos de PB, CNF, FDN e EE digestíveis, com a FDN corrigida para proteína.

3.2.5 Balanço de nitrogênio

Nos dias 16, 17, 18, 19 e 20 de cada período experimental, às 7 horas da manhã foi realizada a colheita total de urina, utilizando recipiente plástico contendo 50 mL de solução de ácido clorídrico a 50%, a fim de manter o pH abaixo de 3,0 e evitar perdas de nitrogênio. O volume total de urina foi registrado diariamente e uma amostra de 10% do volume total diário foi retida e armazenada a -18 °C.

3.2.6 Colheita de líquido e mensuração do pH ruminal

A mensuração do pH e coleta de líquido ruminal foram realizadas no vigésimo primeiro dia de cada período experimental via cânula. As colheitas foram realizadas no momento antes do fornecimento das rações (hora 0), 4, 8, 12, 16 e 24 horas após o arraçoamento. Uma amostra representativa do conteúdo ruminal de cada animal foi colhida via cânula, sendo rapidamente filtrada em tecido de algodão, obtendo-se aproximadamente 200 mL de fluido ruminal filtrado, que em seguida, foi utilizado para a medição imediata do pH em pHmetro digital (DIGIMED® DM20), três alíquotas do líquido ruminal foram coletadas e congeladas a -18°C para posterior análise de N – NH₃.

3.2.7 Colheita de conteúdo ruminal

Amostras do conteúdo ruminal (sólido e líquido) foram colhidas no vigésimo oitavo dia de cada período experimental via cânula. As colheitas foram realizadas no momento antes do fornecimento das rações (hora 0), 8 e 16 horas após o arraçoamento. Uma amostra de aproximadamente 150 gramas de conteúdo ruminal de cada animal foi colhida via cânula, que em seguida foi acondicionada em frascos de penicilina previamente preparados para confecção do microrrúmen e realização da técnica *ex situ* de acordo com Junior et al. (2017).

3.2.8 Análises laboratoriais e cálculos

Após descongeladas, as amostras dos ingredientes, das dietas ofertadas, das sobras e das fezes foram secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72 horas para determinação da matéria seca à 55 °C. Posteriormente as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm. Após a moagem, as amostras foram secas em estufa a 105 °C por 24 h para determinação da matéria seca à 105 °C. A matéria mineral (MM) foi determinada através da incineração das amostras em mufla a 550 °C por 4 h (AOAC, 1990). A concentração de nitrogênio total foi mensurada utilizando um aparelho Leco FP528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI, EUA; AOAC (1997)). A proteína bruta (PB) foi calculada multiplicando a concentração de nitrogênio total por 6,25. A determinação da fração fibrosa foi realizada pelo método sequencial, utilizando α -amilase

termoestável e sulfito de sódio para determinação da fibra em detergente neutro (FDN) (Van Soest et al., 1991), e a fibra em detergente ácido (FDA) (Goering; Van Soest, 1970), utilizando um aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Fairport, NY, EUA). O teor de extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho Leco TFE2000 (LECO® Corp., St. Joseph, MI, EUA). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados conforme a equação:

$$\text{CNF (\%)} = 100\% - (\% \text{FDN} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

O NDT foi calculado por meio da equação:

$$\text{NDT (\%)} = \% \text{PB}_{\text{dig.}} + (\% \text{EE}_{\text{dig.}} \times 2,25) + \% \text{FDN}_{\text{dig.}} + \text{CNF}_{\text{dig.}}$$

A cor do DDG foi avaliada usando um colorímetro Minolta CR700 (Konica Minolta, Osaka, Japão), iluminante A e um observador padrão de 10°. O L* (luminosidade), a* (índice de vermelho) e b* (índice de amarelo) são mensurados em três avaliações por amostra. Foram avaliadas 5 amostras do DDG utilizado.

Para determinação dos AGCC foi realizado por cromatografia gasosa como descrito por Ferreira et al. (2016). A concentração de N-NH₃ foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitura em leitor de microplacas (BIO – RAD, Hercules, CA), utilizando-se filtro para absorvância de 550 nm. O fracionamento de proteínas ligadas as frações fibrosas foi realizado de acordo com Licitra et al. (1992).

Para a realização da quantificação da concentração de metano o Laboratório de Cromatografia foi climatizado em temperatura de 25°C e esperou-se que os frascos atingissem essa temperatura. A leitura do volume do gás produzido pela amostra proveniente da fermentação ruminal incubada em frascos de penicilina (micro rúmen) foi mensurada utilizando um transdutor (Datalogger universal - modelo logger AG5000), 0,5 ml de amostra gasosa contida no frasco de penicilina foi injetada no cromatógrafo a gás por meio de seringa tipo Gas-Tight. A quantificação do metano foi realizada pela técnica de cromatografia gasosa (Kamiński et al., 2003).

3.2.9 Análise estatística

Os dados de características de fermentação ruminal foram analisados como medidas repetidas no tempo usando o procedimento MIXED do SAS (1999). Todos os dados foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para verificação da normalidade

dos resíduos, remoção de outliers e homogeneidade das variâncias pelo teste de Levene. O modelo estatístico para as medidas repetidas foi: $Y = \mu + A_i + T_j + K + T_j * K + P_l + e_{ijkl}$, em que μ = média, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 5), T_j = efeito de tratamento ($j = 1$ a 5), K = efeito de horas após a alimentação, $T_j * K$ = efeito de interação entre tratamentos e horas após a alimentação, P_l = efeito de período ($l = 1$ a 5) e e_{ijkl} = erro experimental. Para os dados de consumo e digestibilidade dos nutrientes e o balanço de nitrogênio, foi utilizado o seguinte modelo: $Y = \mu + A_i + T_j + P_l + e_{ijl}$, em que: μ = média geral, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 5), T_j = efeito de tratamento ($j = 1$ a 5), P_l = efeito de período ($l = 1$ a 5) e e_{ijl} = erro residual. A matriz de covariância que melhor se ajustou aos conjuntos de dados foi a simétrica composta (CS). As médias de cada tratamento foram obtidas utilizando o comando LSMEANS. Os efeitos dos tratamentos foram avaliados por meio de contrastes ortogonais linear (L), quadrático (Q). Os contrastes ortogonais cúbicos foram testados, contudo não houveram efeitos e, portanto, foram retirados. Os efeitos dos períodos e da interação entre os tratamentos e os períodos foram definidos pelo teste F da análise de variância (ANOVA). Os efeitos foram declarados significativos quando $P < 0,05$.

3.3 Resultados

3.3.1 Consumo de nutrientes e digestibilidade

Houve uma diminuição linear para as variáveis CMS ($P < 0,001$), consumo de matéria orgânica (CMO) ($P < 0,001$), consumo de carboidrato não fibroso (CCNF) ($P < 0,0001$) e consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) ($P = 0,03$) em resposta a inclusão do DDG na dieta. Não houve efeito dos tratamentos no consumo de PB e consumo de EE. Houve um efeito quadrático sobre o consumo de fibra em detergente ácido (CFDA) ($P < 0,01$), cujo maior consumo foi observado para o tratamento 450DDG (Tabela 4).

A digestibilidade aparente da MS, MO, PB e FDN diminuiu linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão do DDG na dieta. Não houve efeito dos tratamentos na digestibilidade da FDA, MM e EE ($P > 0,05$) (Tabela 5).

Tabela 4. Efeito dos teores crescentes de DDG em dietas de alto teor de concentrado sobre o consumo de matéria seca e de nutrientes.

Item	Dietas ¹					EPM ²	T	Valor de P ³			
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG			L	Q	P	T*P
<i>Consumo (g/dia)</i>											
Matéria seca	1277,6	1232,1	1123,3	1110,2	919,4	59,38	0,001	< 0,001	0,39	< 0,001	0,04
Matéria orgânica	1205,5	1159,2	1049,4	1029,2	848,8	55,48	0,01	< 0,001	0,40	< 0,001	0,04
Proteína bruta	186,7	181,0	184,7	198,6	183,8	9,82	0,02	0,70	0,83	< 0,001	0,03
Extrato etéreo	36,8	35,8	35,1	40,1	36,5	1,934	0,01	0,57	0,95	< 0,001	0,03
Fibra em detergente neutro	198,9	229,8	226,5	240,1	224,2	11,72	0,01	0,12	0,10	< 0,001	0,02
Fibra em detergente ácido	72,3	92,6	85,4	98,0	81,0	4,55	< 0,01	0,13	< 0,01	< 0,001	0,02
Carboidrato não fibroso	715,0	644,0	534,0	475,3	339,2	28,69	< 0,0001	< 0,0001	0,47	< 0,001	0,07
Matéria mineral	72,1	72,9	74,0	81,0	70,5	3,93	< 0,01	0,69	0,27	< 0,001	0,03
Nutrientes digestíveis totais	1071,4	1026,4	913,9	910,0	729,1	114,93	0,44	0,03	0,11	0,02	0,47

¹Dietas e xperimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcros (*Cynodon sp.*) com a inclusão de 0 (**0DDG**), 15 (**150DDG**), 30 (**300DDG**), 45 (**450DDG**) e 60 (**600DDG**) % de DDG na matéria seca. *DDG* – *dried distillers grains*. ²Erro Padrão da Média ³Contrastes L: linear e Q: quadrático; T: efeito de tratamento; P: efeito de período T*P: efeito interação tratamento e período

Tabela 5. Efeito dos teores crescentes de DDG em dietas de alto concentrado sobre a digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes.

Item	Dietas ¹					EPM ²	T	L	Valor de P ³		
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG				Q	P	T*P
<i>Digestibilidade aparente (g/kg MS)</i>											
Matéria seca	846,8	786,9	763,5	738,5	762,17	26,08	0,01	0,02	0,11	< 0,01	0,31
Matéria orgânica	882,5	822,7	799,2	774,2	797,87	29,09	0,06	0,02	0,13	< 0,01	0,31
Proteína bruta	867,8	827,6	753,5	710,9	655,96	23,40	0,04	< 0,01	0,12	0,04	0,50
Extrato etéreo	602,9	670,2	632,9	663,3	628,38	70,35	0,95	0,84	0,61	0,92	0,95
Fibra em detergente neutro	773,3	635,0	664,9	591,7	613,91	47,30	0,20	0,02	0,23	0,15	0,60
Fibra em detergente ácido	563,5	582,3	606,9	578,4	564,15	42,07	0,71	0,98	0,46	0,74	0,75
Carboidrato não fibroso	850,8	836,7	838,5	818,5	786,81	72,09	0,99	0,80	0,65	0,32	0,73
Matéria mineral	851,7	736,1	708,6	734,0	724,20	43,80	0,55	0,08	0,12	0,21	0,92
Nutrientes digestíveis totais	838,3	833,1	812,7	810,8	792,17	5,16	0,06	0,05	0,87	0,01	0,71

¹Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcros (*Cynodon sp.*) com a inclusão de 0 (**0DDG**), 15 (**150DDG**), 30 (**300DDG**), 45 (**450DDG**) e 60 (**600DDG**) % de DDG na matéria seca. DDG – *dried distillers grains* ² Erro padrão da média ³ Contrastes L: linear e Q: quadrático; T: efeito de tratamento; P: efeito de período, T*P: efeito interação tratamento e período.

3.3.2 Balanço de nitrogênio

Não houve efeito de interação entre tratamentos e períodos. O consumo de nitrogênio, nitrogênio na urina e nitrogênio nas fezes não foram afetados pelos tratamentos. O nitrogênio retido (g/dia, $P = 0,05$) e % do nitrogênio consumido, ($P = 0,02$) diminuiu linearmente com o aumento nos teores de DDG nas dietas (Tabela 6).

Tabela 6. Efeito dos teores crescentes de DDG em dietas de alto concentrado sobre o balanço de nitrogênio

Item	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³				
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG		T	L	Q	P	T*P
Consumo de nitrogênio, g/dia	26,6	27,7	27,4	28,2	27,7	3,23	0,87	0,85	0,36	< 0,001	0,81
Nitrogênio nas fezes, g/dia	4,02	6,10	6,45	6,59	6,01	1,12	0,12	0,71	0,11	< 0,001	0,21
Nitrogênio na urina, g/dia	11,5	12,4	13,7	14,3	13,9	2,55	0,73	0,81	0,19	0,01	0,76
<i>Nitrogênio retido</i>											
g/dia	10,4	8,7	8,9	8,3	7,4	1,89	0,47	0,05	0,17	0,24	0,44
% do nitrogênio consumido	40,7	34,1	34,1	28,9	25,5	5,61	0,14	0,02	0,82	0,06	0,08
% do nitrogênio absorvido	21,2	21,0	21,4	22,1	20,1	3,78	0,96	0,94	0,67	< 0,01	0,88

¹Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcros (*Cynodon sp.*) com a inclusão de 0 (**0DDG**), 15 (**150DDG**), 30 (**300DDG**), 45 (**450DDG**) e 60 (**600DDG**) % de DDG na matéria seca. DDG – *dried distillers grains* ²Erro padrão da média ³Contrastes L: linear e Q: quadrático; T: efeito de tratamento; P: efeito de período, T*P: efeito interação tratamento e período

3.3.3 Parâmetros de fermentação ruminal

Não houve interação entre horas e tratamentos (Tabela 7). Não houve efeito dos tratamentos para produção de acetato, enquanto que a produção de propionato e butirato (mol/kg/dia; g/kg/dia; kcal/kg/dia) reduziram linearmente com aumento dos teores de DDG na dieta ($P < 0,05$). Não houve efeito dos tratamentos na produção de metano ($P > 0,05$), contudo, a perda energética relativa apresentou um efeito quadrático com o aumento do DDG na dieta ($P = 0,02$), sendo a menor perda relativa observada para o tratamento 450DDG. Não houve efeito das dietas sobre o pH ruminal e houve uma tendência de redução do $N - NH_3$ ($P = 0,08$) ruminal (Tabela 7).

Tabela 7. Efeito dos teores crescentes do DDG em dietas de alto concentrado sobre a produção de ácidos graxos de cadeia curta e metano.

Item	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³			
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG		L	Q	H	T*H
<i>Acetato</i>										
Produção (mol/kg/dia)	1,4	1,5	1,5	1,6	1,5	0,06	0,11	0,32	0,43	0,99
Produção (g/kg/dia)	82,5	84,3	89,2	95,8	89,0	5,65	0,13	0,42	0,33	0,21
Energia bruta (kcal/kg/dia)	291,2	309,6	317,6	326,5	303,9	13,56	0,32	0,11	0,43	0,99
<i>Propionato</i>										
Produção (mol/kg/dia)	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	0,07	< 0,01	0,81	0,26	0,84
Produção (g/kg/dia)	60,8	59,9	59,4	58,6	45,9	8,59	0,04	0,28	0,79	0,68
Energia bruta (kcal/kg/dia)	298,7	298,2	295,7	291,7	225,4	27,41	0,01	0,81	0,26	0,84
<i>Butirato</i>										
Produção (mol/kg/dia)	0,4	0,4	0,3	0,3	0,2	0,03	< 0,01	0,80	0,41	0,77
Produção (g/kg/dia)	30,6	28,9	23,1	22,9	21,5	3,36	0,03	0,62	0,24	0,07
Energia bruta (kcal/kg/dia)	184,8	185,9	144,0	143,3	131,0	15,19	< 0,01	0,80	0,41	0,77
<i>Metano</i>										
Produção (mol/kg/dia)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,01	0,26	0,76	0,96	0,57
Produção (g/kg/dia)	5,3	5,4	5,1	5,1	5,0	0,28	0,30	0,96	0,87	0,61
Energia bruta (kcal/kg/dia)	69,7	70,7	68,8	67,4	66,7	2,57	0,26	0,76	0,96	0,57
Perda energética relativa (%)	10,3	8,8	8,8	8,4	9,0	0,44	0,04	0,02	0,33	0,68
pH médio	5,7	5,7	5,7	5,7	5,7	0,07	0,64	0,70	<0,001	0,31
pH área total (uni. pH x h/d)	138,6	135,1	136,2	133,6	138,0	9,39	0,93	0,73	<0,001	0,28
pH área < 5,5 (uni. pH x h/d)	48,3	47,9	55,7	49,1	43,3	16,61	0,98	0,58	-	-
N-NH ₃ (mg/dL)	13,7	13,4	13,0	13,2	13,2	0,73	0,08	0,86	0,28	0,11

¹Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcross (*Cynodon sp.*) com a inclusão de 0 (**0DDG**), 15 (**150DDG**), 30 (**300DDG**), 45 (**450DDG**) e 60 (**600DDG**) % de DDG na matéria seca. DDG – *dried distillers grains* ²Erro padrão da média ³Contrastes L: linear e Q: quadrático; H: efeito de hora; T*H: efeito interação tratamento e período

3.4 Discussão

3.4.1 Consumo de nutrientes e digestibilidade

A inclusão do DDG na dieta promoveu redução linear no CMS ($P < 0,001$) (Tabela 4). A menor inclusão de DDG (15% na MS; 150DDG) foi o suficiente para afetar negativamente o CMS. Resultados diferentes são observados na literatura, estudos com ovinos com teores de inclusão variando de 12,5 a 60,0% de DDG na dieta não afetaram negativamente o CMS (Felix et al., 2012; Huls et al., 2006; Orosco et al., 2009). Os resultados divergentes podem estar associados ao tipo de DDG utilizado. Existe uma grande variação na qualidade e composição dos grãos secos de destilaria, o que pode resultar em diferentes efeitos no CMS e desempenho dos animais (Batal e Dale, 2006; Carlson, 2017; Klopfenstein, 1996; Świątkiewicz e Koreleski, 2008; Waller et al., 1980).

A qualidade do DDG pode ser um fator limitante do CMS, o coproduto utilizado no presente estudo apresentava cor bastante escura (Tabela 3). O que é um indicativo de que o DDG apresenta menor valor nutricional e menor palatabilidade, provavelmente devido ao superaquecimento na indústria durante o processo de secagem (Batal and Dale, 2006; Kleinschmit et al., 2007; Liu, 2009; Świątkiewicz e Koreleski, 2008; Böttger e Sudekum, 2017; Bottger et al., 2018; Valentim et al., 2021). A baixa qualidade do DDG indicado pelos parâmetros de cor e teor de nitrogênio ligado ao FDA (21,4% do total de nitrogênio da PB) (Tabela 3), associado a redução da digestibilidade da MS e FDN podem explicar o menor CMS (Tabela 5). Ademais, o CMS pode ter sido limitado pelo teor de FDN e FDA das dietas (Tabela 1), principalmente para os tratamentos 450DDG e 600DDG. Provavelmente o maior teor da fração fibrosa reduziu a taxa de passagem do alimento o que afeta negativamente o CMS (Van Soest, 1994; Mertens, 1997).

A diminuição linear do CCNF ($P < 0,0001$) (Tabela 4) era esperada, uma vez que o teor de CNF nas dietas (Tabela 1) foi reduzido com o aumento nos teores de DDG nas dietas. O teor de CNF é de 1,87, 25,14 e 73,98% para o DDG, farelo de soja e milho, respectivamente (Tabela 2). Vale lembrar que à medida que os teores de DDG aumentaram nas dietas, os teores de farelo de soja e também de milho foram diminuídos, então, o decréscimo no CCNF foi devido ao efeito de substituição de ingredientes com menor teor de CNF e também ao menor CMS.

Os efeitos do DDG na digestibilidade da MS ($P = 0,02$) e MO ($P = 0,02$) (Tabela 5) são semelhantes aos reportados na literatura com o uso DDG na dieta de ovinos e bovinos (Benchaar et al., 2013; Crane et al., 2017; de Evan et al., 2020; Felix et al., 2012; Leupp et al., 2009). A redução linear na digestibilidade da MS e MO é atribuída à composição das dietas (Tabela 1), é consequência direta da substituição de ingredientes com maior potencial de digestão (milho e farelo de soja) para outro ingrediente com menor potencial de digestão (DDG).

O DDG é rico em FDN, FDA e PB, sendo que 51% do nitrogênio total está ligado a fibra (Tabela 3). Neste sentido, a inclusão do DDG culminou em dietas mais ricas em fibras e em nitrogênio ligado ao FDN e ao FDA, e conseqüentemente com menor digestibilidade. Outros autores reportaram redução da digestibilidade da MS, e associaram a maior degradabilidade do farelo de soja e do milho em relação ao DDG (Willms et al., 1991; Benchaar et al., 2013).

Outro fator que pode estar associado a redução na digestibilidade da MS e MO foi a diminuição de PDR e do aporte de nitrogênio para os microorganismos ruminais nas dietas com DDG. Houve um aumento no teor de N-FDA conforme aumentou os teores de DDG nas dietas (4,2, 7,9, 10, 12,1 e 15,4%; para as dietas com 0, 15, 30, 45 e 60%DDG, respectivamente) (Tabela 1), o que pode justificar a menor digestibilidade da proteína (Tabela 5). O aumento de N-FDA associado a uma tendência de menor concentração de N -NH₃ no rúmen ($P = 0,08$) (Tabela 7) é um indicativo que pode ter havido falta de nitrogênio para as microorganismos ruminais, que em certa medida pode ter comprometido a digestibilidade da MS (Tabela 5). De acordo com Detmann et al. (2006), a fração dos compostos nitrogenados ligada à porção insolúvel em detergente ácido (NIDA) tem sido utilizada como preditor do potencial de aproveitamento proteico por alguns dos principais modelos nutricionais, como o sistema britânico (AFRC, 1993) e o Cornell *Net Carbohydrate and Protein System* (Sniffen et al., 1992), no sentido de que, embora composta, em parte, por aminoácidos (Muscato et al., 1983), não apresenta disponibilidade aos microorganismos ruminais ou digestibilidade intestinal (Sniffen et al., 1992). Uma deficiência de nitrogênio no rúmen reduz o crescimento microbiano e a digestão da fibra (Cannas et al., 2004; Detmann et al., 2006), o que reduz da digestibilidade das dietas e aproveitamento dos nutrientes.

O decréscimo linear na digestibilidade da FDN ($P = 0,02$) (Tabela 5) pode estar associado a composição da fração fibrosa do DDG e a uma menor atividade das

bactérias fibrolíticas. A fibra do DDG é oriunda do pericarpo do milho, que é altamente lignificada (Van Barneveld, 1999), possui cerca de 11% de lignina na matéria seca (Miron et al., 2001), dessa forma pode prejudicar a digestibilidade da FDN (Tabela 5). A inclusão do DDG na dieta pode ter reduzido o aporte de PDR, tendo como consequência menor crescimento dos microrganismos responsáveis pela digestão de carboidratos fibrosos. Benchaar et al. (2013) estudando os efeitos do DDG na degradabilidade do feno Timóteo (*Phleum* spp.) observaram menor degradabilidade do feno em 1,0, 2,7 e 2,8% ao incluir o coproduto na dieta em 10, 20 e 30%, respectivamente. Os mesmos autores sugeriram que a atividade das bactérias fibrolíticas foram reduzidas com o aumento do DDG na dieta. Resultados semelhantes foram observados por Islas e Soto-Navarro (2011), estes autores relataram um decréscimo na taxa de degradação ruminal da FDN quando a proporção de DDG aumentou de 0 para 15% na dieta de novilhas de corte em pastejo. Leupp et al. (2009) observaram uma tendência para menor degradabilidade ruminal da FDN e FDA quando a proporção de DDGS foi aumentada na dieta (até 60% da MS).

3.4.2 Balanço de nitrogênio

A redução do nitrogênio retido (g/dia; % de N consumido) com a inclusão do DDG nas dietas ($P = 0,050$) (Tabela 6), é atribuído ao decréscimo na digestibilidade da proteína (Tabela 5), visto que o DDG utilizado apresentava 21% do nitrogênio total de forma indisponível para a digestão ruminal e intestinal. A retenção de nitrogênio observada no presente estudo é menor quando comparado a valores encontrados na literatura (De Carlis et al., 2021; Ferreira et al., 2011), o que estar associado a idade dos animais, os quais possuíam idade média de 18 meses, dessa forma a exigência de aminoácidos para deposição de tecido muscular é baixa. Ademais, os resultados observados para o nitrogênio retido refletem a qualidade do DDG utilizado.

3.4.3 Parâmetros de fermentação ruminal

A diminuição linear na produção de propionato (mol/kg/dia; g/kg/dia; kcal/kg/dia) (Tabela 7) é associado ao teor de CNF nas dietas (Tabela 1). O CNF é o

principal substrato para as bactérias produtoras de propionato (Kozloski, 2016), neste sentido o menor input deste nutriente culminou em menor produção de propionato.

A redução linear na produção de butirato (mol/kg/dia; g/kg/dia; kcal/kg/dia) (Tabela 7) com o aumento do DDG na dieta é o reflexo da menor digestibilidade da MO (Tabela 5). A produção de metano (mol/kg/dia; g/kg/dia; kcal/kg/dia) (Tabela 7) não foi afetada pelos teores crescentes de DDG nas dietas. Embora, o aumento no teor de FDN normalmente promova um acréscimo na produção de metano (Getachew et al., 2005), isso não ocorreu no presente estudo. Este resultado é consistente com a menor digestibilidade das dietas (Tabela 5) e a produção semelhante de acetato entre os tratamentos (Tabela 7). A perda energética relativa (PER) é a soma de um conjunto de fatores em função da produção AGCC e metano. As mínimas diferenças nas produções dos AGCC e metano culminou em menor PER para o tratamento 450DDG e maior para o tratamento 0DDG, resultando em efeito quadrático ($P = 0,04$) (Tabela 7).

3.5 Conclusão

A inclusão do DDG nas dietas promoveu redução do consumo e digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e nutrientes digestíveis totais. O aumento do DDG prejudicou a fermentação ruminal e reduziu concentração total dos ácidos graxos de cadeia curta no rúmen. O DDG estudado deve ser utilizado com cautela na dieta de cordeiros em confinamento, visto que inclusões mais baixas já foram suficientes para piorar a eficiência de utilização das dietas. A partir dos resultados no presente trabalho, fica evidente a necessidade de mais estudos para avaliar os diferentes tipos de DDG na nutrição de ovinos. Tendo em vista que as informações são limitadas com relação ao uso de DDG brasileiro em dietas para ovinos.

Referências

- Agricultural and Food Research Council - AFRC. Energy and protein requirements of ruminants Wallingford: CAB International, 1993. 159p.
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International, 14th ed. AOAC international, Arlington. VA.

- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. AOAC international, Arlington. V.A.
- Archibeque, S.L., Freetly, H.C., Ferrell, C.L., 2008. Feeding distillers grains supplements to improve amino acid nutriture of lambs consuming moderate-quality forages. *J. Anim. Sci.* 86, 691–701. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0139>
- Batal, A.B., Dale, N.M., 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 15, 89–93. <https://doi.org/10.1093/japr/15.1.89>
- Benchaar, C., Hassanat, F., Gervais, R., Chouinard, P.Y., Julien, C., Petit, H. V., Massé, D.I., 2013. Effects of increasing amounts of corn dried distillers grains with solubles in dairy cow diets on methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *J. Dairy Sci.* 96, 2413–2427. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6037>
- Böttger, C., Südekum, K.-H., 2017. Within plant variation of distillers dried grains with solubles (DDGS) produced from multiple raw materials in varying proportions: chemical composition and in vitro evaluation of feeding value for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 229, 79–90.
- Böttger, C., & Südekum, K. H. 2018. protein value of distillers dried grains with solubles (DDGS) in animal nutrition as affected by the ethanol production process. *Animal feed science and technology*, 244, 11-
- Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 82, 149–169. <https://doi.org/10.2527/2004.821149x>
- Carlson, Z.E., 2017. Evaluation of protein and fiber from distillers grains plus solubles in finishing beef cattle diets.
- Castro-Pérez, B.I., Estrada-Angulo, A., Ríos, F.G., Dávila-Ramos, H., Robles-Estrada, J.C., Contreras-Pérez, G., Calderón-Cortés, J.F., López-Soto, M.A., Barreras, A., Plascencia, A., 2014. Effects of replacing partially dry-rolled corn and soybean meal with different levels of dried distillers grains with solubles on growth performance, dietary energetics, and carcass characteristics in hairy lambs fed a finishing diet. *Small Rumin. Res.* 119, 8–15. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.03.007>.

- Chaney, A.L., Marbach, E.P., 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8 (2), 130–132. <https://doi.org/10.1093/clinchem/8.2.130>
- Crane, A.R., Redden, R.R., Swanson, K.C., Howard, B.M., Frick, T.J., Maddock-Carlin, K.R., Schauer, C.S., 2017. Effects of dried distiller's grains and lasalocid inclusion on feedlot lamb growth, carcass traits, nutrient digestibility, ruminal fluid volatile fatty acid concentrations, and ruminal hydrogen sulfide concentration. *J. Anim. Sci.* 95, 3198–3205. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1369>
- Curzaynz-Leyva, K.R., Bárcena-Gama, J.R., Sánchez-del Real, C., Escobar-España, J.C., Rivas-Martínez, M.I., Santillán-Gómez, E.A., Portela-Díaz, D.F., Flores-Santiago, E.J., 2019. Effect of dried distillers grains (DDGS) on diet digestibility, growth performance, and carcass characteristics in Creole wool lambs fed finishing diets. *South African J. Anim. Sci.* 49, 56–62. <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i1.7>
- Detmann, E., Paulino, M. F., Silva, J. F. C. D., Valadares Filho, S. D. C., Zervoudakis, J. T., Cabral, L. D. S., ... & Lana, R. D. P. 2006. Digestibilidade dos compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido em bovinos manejados em pastagem de capim-braquiária. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35, 1463-1468. <https://doi.org/10.1590/S151635982006000500028>
- de Carlis, M. S., Sturion, T. U., da Silva, A. L. A., Eckermann, N. R., Polizel, D. M., de Assis, R. G., ... & Ferreira, E. M. 2021. Whole corn grain-based diet and levels of physically effective neutral detergent fiber from forage (pefNDF) for feedlot lambs: Digestibility, ruminal fermentation, nitrogen balance and ruminal pH. *Small Ruminant Research*, 205, 106567.
- de Evan, T., Cabezas, A., de la Fuente, J., Carro, M.D., 2020. Feeding agroindustrial byproducts to light lambs: Influence on growth performance, diet digestibility, nitrogen balance, ruminal fermentation, and plasma metabolites. *Animals* 10. <https://doi.org/10.3390/ani10040600>
- Felix, T.L., Zerby, H.N., Moeller, S.J., Loerch, S.C., 2012. Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 90, 1356–1363. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4373>

- Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C. Q., Queiroz, M. A. A., Araujo, R. C., ... & Loerch, S. C. 2011. Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *Journal of animal science*, 89(12), 4127-4133.
- Firkins, J.L., Berger, L.L., Fahey, G.C., Merchen, N.R., 1984. Ruminal Nitrogen Degradability and Escape of Wet and Dry Distillers Grains and Wet and Dry Corn Gluten Feeds. *J. Dairy Sci.* 67, 1936–1944. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81527-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81527-1)
- Getachew, g.; Depeters, e.j.; Robinson, P.H. 2005 Use of an in vitro rumen gas production technique to evaluate microbial fermentation of ruminant feeds and its impact on fermentation products. *Animal Feed Science and Technology*, v.123, n.1, p.547-559.
- Ham, G.A., Stock, R.A., Klopfenstein, T.J., Larson, E.M., Shain, D.H., Huffman, R.P., 1994. Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *J. Anim. Sci.* 72, 3246–3257. <https://doi.org/10.2527/1994.72123246x>
- Huls, T.J., Bartosh, A.J., Daniel, J.A., Zelinsky, R.D., Wertz-Lutz, A.E., 2006. *Sheep & Beef*. Shee 21.
- Islas, A., Soto-Navarro, S. A. 2011. Effect of supplementation of dried distillers grains with solubles on forage intake and characteristics of digestion of beef heifers grazing small-grain pasture. *Journal of animal science*, 89(4), 1229-1237.
- Junior, F.P., Cassiano, E.C.O., Martins, M.F., Romero, L.A., Zapata, D.C.V., Pinedo, L.A., Marino, C.T., Rodrigues, P.H.M., 2017. Effect of tannins-rich extract from *Acacia mearnsii* or monensin as feed additives on ruminal fermentation efficiency in cattle. *Livest. Sci.* 203, 21–29. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2017.06.009>
- Kamiński, M., Kartanowicz, R., Jastrzębski, D., Kamiński, M.M., 2003. Determination of carbon monoxide, methane and carbon dioxide in refinery hydrogen gases and air by gas chromatography. *J. Chromatogr. A* 989, 277–283. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(03\)00032-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(03)00032-3)
- Kleinschmit, D.H., Anderson, J.L., Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., 2007. Ruminal and intestinal degradability of distillers grains plus solubles varies by source. *J. Dairy Sci.* 90, 2909–2918

- Klopfenstein, T., 1996. Distillers grains as an energy source and effect of drying on protein availability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60, 201–207. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00978-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00978-9)
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R., 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86, 1223–1231. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0550>
- Kozloski GV. *Bioquímica dos ruminantes*. Fundação de Apoio a Tecnologia e Ciência- Editora UFSM, 2016.
- Leupp, J.L., Lardy, G.P., Karges, K.K., Gibson, M.L., Caton, J.S., 2009. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *J. Anim. Sci.* 87, 2906–2912. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1712>
- Liu, K., 2011. Chemical composition of distillers grains, a review. *J. Agric. Food Chem.* 59, 1508–1526. <https://doi.org/10.1021/jf103512z>
- Liu, K.S., 2009. Effects of particle size distribution, compositional and color properties of ground corn on quality of distillers dried grains with solubles (DDGS). *Bioresour. Technol.* 100, 4433–4440. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.067>
- Mauron, J., 1990. Influence of processing on protein quality. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 36, S57–S69
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- Miron, J., Yosef, E., & Ben-Ghedalia, D. 2001. Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected byproduct feeds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(5), 2322-2326
- Muscato, T.V.; Sniffen, C.J.; Krishnamoorthy, U. et al. Amino acid content of noncell and cell wall fractions in feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, v.66, n.10, p.2198-2207, 1983.
- NASEM. 2016. *Nutrient Requirements for Beef Cattle*, 8th Rev. Ed. Washington, DC. National Academy Press. doi.org/10.17226/19014
- NRC - Council, N. R. 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. National Research, 319.

- Orosco, G. M. F. Martinez-Perez. Y, Diaz, J.M. Garcia. M. A, Islas, and S. A. Soto-Navarro, 2009. The feed value of dry distillers grains plus solubles in 90% concentrate diets for feedlot lambs Proceedings, Western Section, American Society Animal Science Vol. 60, 2009 p. 408 – 410
- Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., Garcia, A.D., 2009. The use of distillers products in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 92, 5802–5813. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2549>
- Sniffen, c.j.; O'connor, j.d.; Van Soest, P.J. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- Sorensen, R.J., Stewart, S.S., Jones, C.K., Crane, A.R., Lattimer, J.M., 2021. Efficacy of corn dried distillers grains with solubles as a replacement for soybean meal in Boer-cross goat finishing diets. *Small Rumin. Res.* 201, 106411. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106411>
- Stock, R.A., Lewis, J.M., Klopfenstein, T.J., Milton, C.T., 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. *J. Anim. Sci.* 77, 1. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77e-suppl1w>
- Stotzer, E.S., Alessi, K.C., Torres, R.N.S., Ogunade, I., Corassa, A., Moraes, E.H.B.K., Aliberti, S.R., Vieira, F.J.G., Moura, D.C., Ferreira, D.T., Souza, D.S., Cordeiro, P.O., Molossi, L., Donadia, A.B., Oliveira, A.S., 2022. Corn and sorghum distiller grains in sheep diets. *Small Rumin. Res.* 212. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106710>
- Świątkiewicz, S., Koreleski, J., 2008. The use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in poultry nutrition. *Worlds. Poult. Sci. J.* 64, 257–265. <https://doi.org/10.1017/S0043933908000044>
- USDA. 2022. National Agricultural Statistics Service: Quick stats.USDA.https://www.nass.usda.gov/Quick_Stat
- Valentim, J.K., Lima, H.J.D.Á., Bitencourt, T.M., Silva, N.E.M., 2021. Grãos Secos de Destilaria na Alimentação de Frangos de Corte Dry Beans of Distillery to feed Broilers. *Ensaio e Ciência* 25, 44–49.
- Van Barneveld, S.L. 1999. Chemical and physical characteristics of grains related to variability in energy and amino acid availability in ruminant: a review. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 651-666

- Vander Pol, K.J., Luebke, M.K., Crawford, G.I., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. *J. Anim. Sci.* 87, 639–652. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1036>
- Van soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. New York: Cornell University Press, 476p
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Waller, J., Klopfenstein, T., Poos, M., 1980. Distillers Feeds as Protein Sources for Growing Ruminants 2. *J. Anim. Sci.* 51, 1154–1167. <https://doi.org/10.2527/jas1980.51511154x>
- Willms, C.L., Berger, L.L., Merchen, N.R., Fahey, G.C., 1991. Effects of supplemental protein source and level of urea on intestinal amino acid supply and feedlot performance of lambs fed diets based on alkaline hydrogen peroxide-treated wheat straw. *J. Anim. Sci.* 69, 4925–4938. <https://doi.org/10.2527/1991.69124925x>

4 OS EFEITOS DO DDG SOBRE O DESEMPENHO, COMPORTAMENTO INGESTIVO, CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA E HISTOLOGIA RUMINAL

Resumo

Os objetivos deste estudo foram avaliar os efeitos da inclusão do grão seco de destilaria (DDG) na dieta de cordeiros em confinamento sobre o desempenho, comportamento ingestivo, histologia ruminal e características da carcaça. Quarenta e cinco cordeiros Santa Inês x Dorper com peso inicial de $21 \pm 3,2$ kg (média \pm desvio padrão) e 82 ± 12 dias (média \pm desvio padrão) foram distribuídos em um delineamento em blocos completos casualizados (9 blocos e 5 tratamentos). As dietas continham 90% concentrado e 10% feno de Coastcross (*Cynodon* sp.), a inclusão do DDG foi em teores crescentes: 0, 15, 30, 45 e 60% na dieta total (% MS), que correspondeu aos tratamentos experimentais 0DDG, 150DDG, 300DDG, 450DDG e 600DDG, respectivamente. O período experimental foi de 112 dias subdivididos em 4 períodos de 28 dias. Todos os dados foram analisados pelo procedimento MIXED do SAS. Os efeitos do DDG na dieta foram determinados por contrastes polinomiais linear, quadrático e cúbico. A inclusão do DDG promoveu redução linear no consumo de matéria seca (CMS) (kg/dia; g/kg de PC^{0,75} e % do PC) ($P < 0,0001$), energia líquida de manutenção (EL_m) e energia líquida de ganho (EL_g) ($P > 0,01$), ganho médio diário (GMD) ($P < 0,0001$), peso final ($P < 0,0001$), e eficiência alimentar ($P = 0,001$). A inclusão do DDG diminuiu linearmente o tempo de ingestão de alimento expresso em min/d ($P = 0,04$). Contudo, a taxa de ingestão em min/g de MS ($P < 0,001$) apresentou um efeito quadrático, com o ponto de máxima no tratamento 600DDG. A taxa de ingestão em min/g de fibra em detergente neutro (FDN) apresentou efeito quadrático com o ponto de máxima para o tratamento 0DDG ($P < 0,001$). O tempo de ruminação (min/dia) e a taxa de ruminação (min/g de MS) aumentou linearmente ($P < 0,05$) em resposta ao aumento nos teores de DDG na dieta. O aumento na inclusão do DDG diminuiu linearmente o peso vivo ao abate ($P < 0,0001$), o peso de carcaça quente ($P < 0,0001$), peso de carcaça fria ($P < 0,0001$), rendimento de carcaça quente ($P < 0,001$), rendimento de carcaça fria ($P = 0,04$), perda de peso por resfriamento ($P = 0,04$), espessura de gordura subcutânea ($P = 0,02$), espessura de parede corporal ($P < 0,001$), escore de marmoreio ($P < 0,01$), escore de adiposidade ($P < 0,01$), área de olho de lombo ($P < 0,0001$) e índice de compactidade da carcaça ($P < 0,0001$). Para os dados de histologia ruminal houve diminuição linear na área de papilas ($P < 0,001$) e área de superfície absorptiva em cm² ($P < 0,01$). O DDG em todos os teores de inclusão piorou o desempenho, as características quantitativas de carcaça e o desenvolvimento das papilas ruminais dos cordeiros. Portanto, não é indicado quando se espera otimizar o ganho de peso e a produção de carcaça de cordeiros em confinamento.

Palavras-chave: Coproduto. Grãos secos de destilaria. Ovino. Epitélio ruminal. Confinamento

Abstract

The objectives of this study were to evaluate the effects of the inclusion of dried distillers grain (DDG) in the diet of feedlot lambs on performance, ingestive behavior, ruminal histology and carcass characteristics. Forty-five Santa Inês x Dorper lambs with an initial body weight of 21 ± 3.2 kg (mean \pm standard deviation) and 82 ± 12 days (mean \pm standard deviation) were distributed in a randomized complete block design (9 blocks and 5 treatments). The diets contained 90% concentrate and 10% Coastcross hay (*Cynodon* sp.). The inclusion of DDG was in increasing levels: 0, 15, 30, 45 and 60% in the total diet (% DM), which corresponded to the experimental treatments 0DDG, 150DDG, 300DDG, 450DDG and 600DDG, respectively. The experimental period was 112 days divided into 4 periods of 28 days. All data were analyzed using the SAS MIXED procedure. Dietary DDG effects were determined by linear, quadratic, and cubic polynomial contrasts. The inclusion of DDG promoted a linear decrease in dry matter intake (DMI) (kg/day; g/kg of $BW^{0.75}$ and % of BW) ($P < 0.0001$), net energy of maintenance (NE_m) and net energy of gain (NE_g) ($P > 0.01$), average daily gain (ADG) ($P < 0.0001$), final body weight ($P < 0.0001$), and feed efficiency ($P = 0.001$). The inclusion of DDG linearly decreased eating time expressed in min/d ($P = 0.04$). However, the intake rate in min/g DM ($P < 0.001$) showed a quadratic effect, with the maximum point in the 600DDG treatment. The eating rate in min/g of neutral detergent fiber (NDF) showed a quadratic effect with the maximum point for the 0DDG treatment ($P < 0.001$). Rumination time (min/day) and rumination rate (min/g DM) increased linearly ($P < 0.05$) in response to increased DDG levels in the diet. The increase in DDG inclusion linearly decreased live weight at slaughter ($P < 0.0001$), hot carcass weight ($P < 0.0001$), cold carcass weight ($P < 0.0001$), hot carcass yield ($P < 0.001$), cold carcass yield ($P = 0.04$), weight loss on chilling ($P = 0.04$), subcutaneous fat thickness ($P = 0.02$), body wall thickness ($P < 0.001$), marbling score ($P < 0.01$), fat score ($P < 0.01$), loin eye area ($P < 0.0001$) and carcass compactness index ($P < 0.0001$). For ruminal histology data, there was a linear decrease in the area of papillae ($P < 0.001$) and absorptive surface area in cm^2 ($P < 0.01$). DDG at all inclusion levels worsened performance, quantitative carcass traits and development of ruminal papillae in lambs. Therefore, it is not indicated when it is expected to optimize body weight gain and carcass production of feedlot lambs.

Keywords: Byproduct. Dried distillers grains. Sheep. Ruminal epithelium. Feedlot

4.1 Introdução

O crescimento das indústrias de biocombustíveis resultou em mercados futuros incertos para os grãos e aumento do preço dos insumos tradicionalmente utilizados nas dietas de confinamento (Gunn et al., 2009; Schmit et al., 2009). O mercado dos grãos fortaleceu o uso de produtos como o DDG, como fonte de energia e proteína em dietas para ruminantes (Archibeque et al., 2008; Klopfenstein et al., 2008; Stock et al., 2000; Vander Pol et al., 2009). O grão seco de destilaria (DDG) é o

principal coproduto produzido na indústria de etanol, é um ingrediente proteico que vem sendo amplamente utilizado, especialmente na nutrição de bovinos (Hodges et al., 2020; Mumm et al., 2015; Oliveira et al., 2012).

Os grãos secos de destilaria são uma fonte alternativa de proteína não degradável no rúmen (Kleinschmit et al., 2006; Stotzer et al., 2022). Nos grãos secos de destilaria (DDG) os teores de proteína, fibra e fósforo são aumentados 3 vezes, quando comparados ao milho (Klopfenstein et al., 2008; Liu, 2011; Tjardes, 2002). O teor de proteína bruta (PB) aumenta de 10% para 30%; extrato etéreo (EE), de 4% para 12%; fibra em detergente neutro (FDN) de 12% para 36%; e fósforo, de 0,3 para 0,9% da matéria seca (MS) (Liu, 2011; NASEM, 2016). O EE é a fração que apresenta maior variação na composição entre os diferentes tipos de DDG, sendo que nos últimos anos a maioria dos lipídeos tem sido extraído na indústria do etanol, neste sentido, coprodutos são gerados com menores teores de EE (NASEM, 2016).

A composição nutricional do DDG varia conforme a matéria-prima utilizada e o processo da produção. A variação da matéria-prima se dá pelo tipo, variedade e qualidade do grão. Dentre os fatores de processamento, destacam-se variações no fluxo de produção, bem como variações nas técnicas utilizadas nos processos de moagem, cozimento, fermentação e principalmente a secagem (Belyea et al., 2010; U.S. Grains Council, 2008).

Os efeitos do DDG sobre o desempenho dos animais são dependentes do teor de inclusão na dieta e da qualidade do DDG. É documentado na literatura que os grãos de destilaria podem ser incluídos em até 200 g/kg de matéria seca na dieta de cordeiros em confinamento com efeito positivo sobre o desempenho (Felix et al., 2012; Huls et al., 2006; Schauer et al., 2008). Contudo, os resultados documentados são divergentes, há autores que reportaram efeito negativo quando o DDG foi incluído entre 23 e 30% na dieta de cordeiros (Crane et al., 2017; Huls et al., 2006; Orosco et al., 2009). E ainda há autores que não observaram efeito positivo ou negativo sobre o desempenho de cordeiros consumindo dietas com teores entre 50 e 60% de DDG (Schauer et al., 2008; Van Emon et al., 2012).

A maior limitação do uso do DDG é a variação da composição e da qualidade (Nuez Ortín e Yu, 2009). Entre os diferentes grãos secos de destilaria há variações na composição, na digestibilidade e palatabilidade (Batal and Dale, 2006; Kleinschmit et al., 2006; Nuez Ortín e Yu, 2009; Świątkiewicz e Koreleski, 2008; Tjardes, 2002). Tais variações podem resultar em redução do desempenho animal (Klopfenstein et al.,

2008; Schingoethe et al., 2009). Neste contexto, é importante conhecer as características químicas do DDG que refletem o seu processamento e associar a efeitos sobre o desempenho animal.

Conhecer o DDG de diferentes origens torna-se importante para determinar o nível ótimo de inclusão na dieta de cordeiros. Existe uma lacuna de informação sobre os efeitos do DDG oriundo do Brasil na alimentação de cordeiros. Essas informações são bastante relevantes, visto o potencial de produção de etanol a partir do milho que o Brasil possui. A maioria dos trabalhos disponíveis na literatura utilizaram os grãos secos de destilaria oriundos de usinas norte-americanas, os quais diferem do DDG disponível no Brasil. Tais diferenças incluem desde a variedade do grão até variações no processo de produção do DDG.

Os objetivos do presente trabalho foram estudar os efeitos da inclusão de teores crescentes do DDG disponível no Brasil na dieta de cordeiros em confinamento, sobre o desempenho, comportamento ingestivo e características da carcaça

4.2 Materiais e Métodos

4.2.1 Local, animais e instalações experimentais

O experimento foi realizado nas instalações para confinamento de ovinos do Sistema Intensivo de Produção de Ovinos e Caprinos (SIPOC) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, localizada em Piracicaba-SP (22° 42' 24" S e 47° 37' 53" O), Brasil. Todos os procedimentos realizados foram de acordo as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Escola Superior de Agricultura (CEUA/ESALQ) sobre o número de registro nº 5827061021.

Foram utilizados 45 cordeiros não castrados Santa Inês x Dorper, com peso médio inicial de $21 \pm 3,2$ kg (média \pm desvio padrão) e idade inicial de 82 ± 12 dias (média \pm desvio padrão). Os animais foram confinados em instalações *tie stall* (1 animal/baia) com piso ripado de madeira com área de 1,3 m²/animal. As baias eram providas de comedouros e bebedouros individuais. Todos os animais foram desverminados com moxidectina 1,0% (Cydectin, Fort Dodge Saúde Animal, Campinas, São Paulo, Brasil) na dosagem de 1 mL/50 kg de peso corporal e

receberam aplicação de 0,5 mL suplemento vitamínico A, D e E antes do início do experimento.

4.2.2 Delineamento experimental, tratamentos e manejo experimental

O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados, 9 blocos e 5 tratamentos. Os blocos foram definidos conforme o peso e idade dos animais no início do experimento. O período experimental foi de 112 dias divididos em quatro subperíodos de 28 dias.

As dietas foram formuladas usando o *Small Ruminant Nutrition System* (SRNS) versão 1.9.6290.40564 (Cannas et al., 2004). Todos os cordeiros foram alimentados com uma dieta base contendo 90% de concentrado e 10% de feno de Coastcross (*Cynodon* sp.). As dietas experimentais corresponderam a inclusão de 0 (**0DDG**), 15 (**150DDG**), 30 (**300DDG**), 45 (**450DDG**) e 60 (**600DDG**) % de DDG (Tabela 8). A formulação das dietas foi realizada usando a estratégia já adotada a campo, substituindo totalmente o farelo de soja e parcialmente o milho. Afim de atender as exigências ruminais de nitrogênio ruminal as dietas com 150DDG e 300DDG foi adicionado ureia, visto que a substituição do farelo de soja por DDG culmina em menor teor de proteína degradável no rúmen (PDR), contudo as dietas 450DDG e 600DDG haviam um excesso de proteína bruta na dieta o que provavelmente aumenta a reciclagem de nitrogênio via saliva e parede ruminal dessa forma atendendo a exigência de nitrogênio ruminal.

As dietas experimentais foram pesadas em balança eletrônica de precisão de 1 g (Marte®, LC 100, São Paulo, Brasil) e ofertadas diariamente na forma de dieta total. Os animais tiveram acesso *ad libitum* à dieta e água fresca. A quantidade de ração ofertada foi diariamente definida conforme a leitura de cocho realizada antes do fornecimento. As sobras foram mantidas em aproximadamente 10% da quantidade ofertada.

Tabela 8. Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais (g/kg MS).

Item	Tratamentos ¹				
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG
<i>Ingredientes</i>					
Feno de <i>Coastcross</i>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Milho	719,0	705,5	559,0	414,0	264,0
Farelo de soja	145,0	0	0	0	0
DDG ²	-	150,0	300,0	450,0	600,0
Ureia	0	8,5	5	0	0
Cloreto de amônio	5	5	5	5	5
Mistura mineral ³	17	17	17	17	17
Calcário	14	14	14	14	14
Monensina ⁴ , mg/kg de MS	25	25	25	25	25
<i>Composição química</i>					
Matéria seca	870,0±8,0	874,0±4,4	879,0±6,0	878,0±7,0	879,0±9,9
Matéria orgânica	937,0±18,0	932,0±6,0	930,0±7,0	925,0±6,0	916,0±9,0
Proteína bruta	155,0±7,0	155,0±6,0	176,0±7,0	193,0±5,0	216,0±5,0
N – FDN ⁵	295,0±1,8	332,0±1,5	369,0±1,0	397,0±1,4	434,0±2,5
N – FDA ⁶	42,0±1,0	79,0±1,1	100,0±0,9	121,0±1,3	154,0±1,6
FDN ⁷	163,0±10,2	195,0±8,0	213,0±8,0	232,0±11,0	256,0±9,6
FDA ⁸	59,0±3,0	78,0±8,0	84,0±5,0	95,0±4,0	101,0±7,0
Extrato etéreo	31,0±1,0	30,0±1,0	31,0±1,45	32,0±1,0	34,0±2,0
CNF ⁹	534,0±18,3	481,0±9,0	445,0±11,0	376,0±11,2	312,0±9,3
EM ¹⁰ , Mcal/kg de MS	2,9	2,8	2,8	2,7	2,6

¹Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno *Coastcross* (*Cynodon sp.*) com a inclusão de 0 (**0DDG**), 15 (**150DDG**), 30 (**300DDG**), 45 (**450DDG**) e 60 (**600DDG**) % de DDG na matéria seca. ² DDG – *dried distillers grains*. ³ Ca: 150 g/kg; P: 40 g/kg; Na: 118 g/kg; Mg: 8 g/kg; S: 19 g/kg; Cu: 300 mg/kg; Mn: 1.250 mg/kg; Zn: 6.480 mg/kg; I: 80 mg/kg; Co: 40 mg/kg; Se: 27 mg/kg; F: 400 mg/kg. ⁴ Monensina sódica – Elanco Brasil. ⁵ Nitrogênio ligado a fibra em detergente neutro (% nitrogênio total). ⁶ Nitrogênio ligado a fibra em detergente ácido (% nitrogênio total) ⁷ Fibra em detergente neutro ⁸ Fibra em detergente ácido ⁹ Carboidrato não fibroso ¹⁰ Estimada usando o *Small Ruminant Nutrition System*, v. 1.8.6 (Cannas et al., 2004)

Tabela 9. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS).

Item	Feno de <i>Coastcross</i>	Milho	Farelo de soja
	Média ± SD ¹	Média ± SD	Média ± SD
Matéria seca (g/ MN)	867,0 ± 0,52	869,0 ± 0,46	892,0 ± 0,56
Matéria orgânica	910,0 ± 0,25	988,0 ± 0,12	936,0 ± 0,18
Proteína bruta	182,0 ± 0,32	96,0 ± 0,18	535,0 ± 0,26
Fibra em detergente neutro	741,0 ± 0,82	117,0 ± 0,06	114,0 ± 0,07
Fibra em detergente ácido	280,0 ± 1,12	28,0 ± 0,05	70,0 ± 0,08
Extrato etéreo	15,0 ± 0,15	31,0 ± 0,08	26,0 ± 0,06
Carboidrato não fibroso	495,0 ± 0,21	739,0 ± 0,10	251,0 ± 0,18

¹Desvio padrão (n = 5)

Tabela 10. Composição química, fracionamento do nitrogênio e cor do DDG usado nas dietas experimentais (g/kg MS)

Item	DDG ¹
	Média ± SD
Matéria seca	911,0 ± 0,81
Matéria orgânica	970,0 ± 0,52
Proteína bruta	305,0 ± 0,19
N – FDN ²	51,0 ± 0,81
N – FDA ³	21,0 ± 0,81
Fibra em detergente neutro	422,0 ± 1,83
Fibra em detergente ácido	252,0 ± 1,59
Extrato etéreo	26,0 ± 0,27
Carboidrato não fibroso	18,0 ± 0,11
Cor ⁴	
L*	40,43 ± 0,89
a*	7,12 ± 0,12
b*	31,23 ± 1,20

¹*Dried distillers grains* - grãos secos de destilaria, desvio padrão (n = 5)

² Nitrogênio ligado a fibra em detergente neutro (% nitrogênio total)

³ Nitrogênio ligado a fibra em detergente ácido (% nitrogênio total)

⁴ L* índice de Luminosidade; a* índice vermelho; b* índice de amarelo

A cada período, as sobras de cada unidade experimental foram pesadas, amostradas (10%) e compostas por tratamento. Foram coletadas amostras de todos os ingredientes das dietas para posterior análises bromatológicas. As amostras foram identificadas e conservadas a -20 °C para análises posteriores.

O ganho de peso médio diário (GMD) dos animais foi acompanhado por meio de pesagens realizadas nos dias 0, 28, 56, 84 e 112 do período experimental após jejum

de sólidos de 16 horas. A partir dos dados de CMS e GMD foi calculada a eficiência alimentar (EA; EA = kg de GMD/kg de CMS).

A energia líquida (EL) observada para cada dieta foi calculada a partir dos dados de desempenho de acordo com Zinn e Shen (1998). Foi estimada pela equação quadrática: $\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$, onde $a = -0,41 \times EM$, $b = 0,877 \times EM + 0,41 \times CMS + EG$, e $c = -0,877 \times CMS$; e a EL_g de cada dieta foi estimada pela equação: $EL_g = 0,877 \times EL_m - 0,41$ (Zinn e Shen, 1998). A energia para ganho (EG) foi calculada como: $EG = (0,0557 \times PV^{0,75}) \times GPD^{1,097}$ (NRC, 1984), em que EG é a exigência energética de ganho (Mcal/d). A equação usada para o cálculo da exigência de energia para a manutenção (EM; Mcal/d) foi: $EM = 0,077 \times PV^{0,75}$ (Lofgreen and Garrett, 1968).

4.2.3 Comportamento ingestivo

Nos dias 24, 52, 80 e 108 do período experimental foi realizada a avaliação do comportamento ingestivo de cada animal, durante 24 horas, com observações realizadas a cada 5 minutos. Quatro observadores devidamente treinados foram utilizados para cada turno de avaliação de 3 horas. Foram determinados os tempos gastos com ingestão de alimento, ruminação, mastigação, ócio e ingestão de água em min/dia. O tempo despendido em cada atividade (expresso em min/dia) foi calculado por meio da multiplicação do número de observações por 5. O tempo total de mastigação foi considerado a soma dos tempos de ingestão e ruminação (Weidner e Grant, 1994). Os tempos de ingestão, ruminação e mastigação foram também expressos em min/g de MS e min/g de FDN ingerida.

4.2.4 Abate dos animais e características de carcaça

Ao final do período de confinamento, 112 dias todos os animais foram abatidos. Antes do abate, os animais foram submetidos a jejum de sólidos de 16 horas. Após o período de jejum, os animais foram pesados para obtenção do peso corporal ao abate (PCA) e abatidos. O abate foi realizado por atordoamento por concussão cerebral com pistola de dardo cativo, seguido de sangria por secção das veias jugulares, esfola, evisceração e remoção da cabeça e dos membros. No abate foram seguidas as orientações do Serviço de Inspeção Federal de abate humanitário

conforme à Instrução Normativa n.º 3 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Imediatamente após o abate as carcaças foram pesadas para obtenção do peso de carcaça quente (PCQ), foi utilizado uma balança com 0,100 kg de precisão (Filizola, Campo Grande, MS, Brasil). Posteriormente as carcaças foram refrigeradas em câmara de refrigeração a 4 °C por 24 horas, após esse período foram novamente pesadas para à obtenção do peso de carcaça fria (PCF). O rendimento de carcaça quente (RCQ), rendimento de carcaça fria (RCF) e a perda por resfriamento (PR) foram calculados pelas fórmulas: $RCQ = (PCQ / PCA) \times 100$; $RCF = (PCF / PCA) \times 100$; $PR = [(PCQ - PCF) / PCQ] \times 100$.

Após 24 horas de refrigeração, o músculo *Longissimus lumborum* foi seccionado de maneira transversal entre 12ª e 13ª costelas. A espessura de gordura subcutânea (EGS) e espessura da parede corporal (EPC) foram avaliadas dos dois lados da carcaça utilizando-se um paquímetro digital (Battery, modelo SR44) graduado em mm. A avaliação do escore de marmoreio (EM) foi realizado por um observador treinado, pontuando de 1 a 3, sendo 1 - baixo marmoreio, com pouca ou nenhuma gordura intramuscular, 2 - médio marmoreio, com teor intermediário de gordura intramuscular e 3 - alto marmoreio, com maior teor de gordura intramuscular. A face exposta do músculo *Longissimus lumborum* foi desenhada em papel vegetal, posteriormente sua área foi mensurada utilizando o programa *Image J* (Hortz Images Co) para obtenção da área de olho de lombo (AOL). A partir dos valores obtidos do lado direito e esquerdo da carcaça, foram calculadas as médias aritméticas da EGS, EPC, EM e AOL da carcaça. O comprimento interno da carcaça (CIC) foi mensurado para posterior cálculo do índice de compacidade da carcaça (ICC) seguindo a fórmula: $ICC = PCF/CIC$, em que, PCF é o peso da carcaça fria e CIC o comprimento interno da carcaça.

4.2.5 Avaliação morfológica do epitélio ruminal

As variáveis morfológicas avaliadas foram número de papilas por cm² de parede, altura e área das papilas e área da superfície total de absorção por cm² de parede. O número de papilas em todo o fragmento foi contado por três avaliadores treinados para obtenção da média para cada animal. Doze papilas ruminais de cada fragmento foram seccionadas na base com auxílio de uma lâmina e suas imagens foram digitalizadas com um scanner. A área da superfície absorptiva, bem como a área

e a altura das papilas foram mensuradas utilizando o programa para análise de imagens (Image J) (Hortz Images Co). A área da superfície do fragmento foi calculada conforme metodologia descrita por Daniel et al. (2006).

4.2.6 Análises laboratoriais

As amostras dos ingredientes, das dietas ofertadas e das sobras foram moídas em moinho tipo Willey (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras com crivos de 1,0 mm e analisadas para determinação da matéria seca (MS) por meio da secagem das amostras em estufa a 105 °C por 24 h (AOAC 1990; #930.15), matéria mineral (MM) através da incineração das amostras em mufla a 550 °C por 4 h (AOAC, 1990; #942.05). Fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido conforme Van Soest et al., (1991), utilizando α -amilase termoestável e sulfito de sódio, em um aparelho Ankom 200 (Ankom Tech. Corp., Fairport, NY) (AOAC, 1990; #968.06). Nitrogênio total utilizando um aparelho Leco FP528 (Leco Corporation, St. Joseph, MI) (AOAC, 1997; #990.03), para a obtenção do valor de proteína bruta (PB) o teor de nitrogênio foi multiplicado por 6,25. O teor de nitrogênio ligado ao FDN e ao FDA segundo Van Soest et al. (1991). O teor de extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho ANKON (Ankom Tech Corp., Macedon, NY, USA) (AOAC 1990; #920.39). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram estimados conforme a equação:

$$\text{CNF (\%)} = 100\% - (\% \text{FDN} + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{MM})$$

A cor do DDG foi avaliada usando um colorímetro Minolta CR700 (Konica Minolta, Osaka, Japão), iluminante A e um observador padrão de 10°. O L* (luminosidade), a* (índice de vermelho) e b* (índice de amarelo) são mensurados em três avaliações por amostra. Foram avaliadas 5 amostras do DDG utilizado.

4.2.7 Análise estatística

Os dados foram analisados usando o procedimento MIXED do SAS (1999). O modelo estatístico usado para as variáveis que se caracterizaram como medidas repetidas foi: $Y_{ijk} = \mu + B_i + T_j + E_{ij} + P_k + (TP)_{jk} + E_{ijk}$, em que: μ = média geral, B_i = efeito de bloco ($i = 1$ a 9), T_j = efeito de tratamento ($j = 1$ a 5), E_{ij} = erro residual A, P_k

= efeito do período ($k = 1$ to 4), $(TP)_{jk}$ = interação entre tratamento e período, E_{ijk} = erro residual B. Para as medidas únicas, o modelo usado foi: $Y_{ij} = \mu + B_i + T_j + E_{ij}$, onde: μ = média geral, B_i = efeito de bloco ($i = 1$ to 9), T_j = efeito de tratamento ($j = 1$ to 5), E_{ij} = erro residual. As médias de cada tratamento foram obtidas utilizando o comando LSMEANS.

Os efeitos dos teores de inclusão do DDG foram avaliados por meio de contrastes ortogonais linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C). Os efeitos de período e de interação entre tratamentos e períodos foram definidos pelo teste F da análise de variância (ANOVA). Os efeitos foram considerados significativos quando $P < 0,05$.

4.3 Resultados

4.3.1 Desempenho

O aumento nos teores de DDG diminuiu linearmente ($P < 0,05$) o desempenho dos cordeiros (Tabela 11). As variáveis peso final ($P < 0,0001$), ganho de peso médio diário ($P < 0,0001$), CMS (kg/dia; g/kg de $PC^{0,75}$ e % PC) ($< 0,0001$), EA ($P = 0,0001$), energia líquida de manutenção e ganho ($P = 0,01$) reduziram linearmente com a inclusão dos teores crescentes de DDG.

Tabela 11. Efeito de teores crescentes de grãos secos de destilaria (DDG) sobre o desempenho de cordeiros.

Item	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³				
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG		T	L	Q	P	T*P
Idade inicial, dias	82,2	81,6	84,2	83,1	82,0	2,42	-	-	-	-	-
Idade final, dias	194,2	193,6	196,2	195,1	194,0	2,42	-	-	-	-	-
Peso inicial, kg	21,1	21,2	21,1	21,2	21,3	1,01	-	-	-	-	-
Peso final, kg	48,4	46,1	45,5	40,8	37,4	1,03	<0,0001	< 0,001	0,27	<0,001	0,57
Ganho médio diário (g)	244	225	213	170	140	0,01	<0,0001	< 0,001	0,32	0,05	0,98
<i>Consumo de matéria seca</i>											
kg/dia	1,00	0,96	0,93	0,86	0,73	0,04	<0,0001	< 0,001	0,07	<0,001	0,12
g/kg de Peso corporal ^{0,75}	69,6	69,6	69,0	66,7	58,1	2,22	<0,01	< 0,001	0,08	0,66	0,41
% Peso corporal	2,9	2,9	2,9	2,8	2,5	0,19	0,02	< 0,001	0,10	<0,01	0,99
Eficiência alimentar	0,24	0,23	0,22	0,20	0,19	0,11	0,02	< 0,001	0,74	0,41	0,21
ELm ⁴ (Mcal/d)	1,2	1,2	1,2	1,1	0,9	0,05	0,13	0,01	0,86	<0,001	0,75
ELg ⁴ (Mcal/d)	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,03	0,13	0,01	0,85	<0,001	0,75

¹ 1Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcross (*Cynodon* sp) com a inclusão de 0 (0DDG), 15 (150DDG), 30 (300DDG), 45 (450DDG) e 60 (600DDG) % de DDG na matéria seca. DDG – *dried distillers grains* ²Erro padrão da média ³Contrastes polinomiais L:linear, Q: quadrático; T: efeito de tratamento; P: efeito de período; T*P: efeito interação tratamento e período ⁴ Calculado de acordo com Zinn e Shen, (1998).

4.3.2 Comportamento ingestivo

O aumento do DDG na dieta reduziu linearmente o consumo de MS ($P < 0,0001$) e o tempo de ingestão em min/dia ($P = 0,04$) (Tabela 12). Por outro lado, houve um efeito quadrático para a taxa de ingestão em min/g de MS e FDN ($P = 0,02$), sendo a maior taxa de ingestão observada para o tratamento 0DDG. O consumo de FDN, a ruminação em min/g de FDN, a mastigação em min/d, o tempo em ócio e o tempo ingerindo água ($P > 0,05$) não foram afetados pelos tratamentos.

A ruminação em min/d e min/g de MS aumentou linearmente ($P < 0,05$) com o aumento do DDG nas dietas. Contudo, a mastigação em min/g de MS e FDN apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$), com maior tempo de mastigação em min/g de MS e min/g de FDN para os tratamentos 600DDG e 0DDG, respectivamente.

Tabela 12. Efeito de teores crescentes de grãos secos de destilaria (DDG) sobre o comportamento ingestivo de cordeiros em confinamento.

Item	Dietas ¹					Valor de P ³					
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG	T	L	Q	P	T*P	
CMS kg/dia ⁴	1,3	1,3	1,2	1,1	1,0	0,01	< 0,001	< 0,0001	0,11	< 0,0001	0,88
CFDN g/dia ⁵	179,1	225,7	211,3	225,0	207,9	0,34	< 0,01	0,56	0,54	0,0001	0,98
<i>Ingerindo</i>											
Min/dia	179,3	176,2	169,2	165,5	162,9	10,45	0,67	0,04	0,86	< 0,0001	0,45
Min/g de MS	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,02	< 0,01	0,01	< 0,001	< 0,0001	0,64
Min/g de FDN	1,2	1,0	0,9	0,8	0,9	0,08	< 0,001	< 0,0001	< 0,01	0,0001	0,84
<i>Ruminando</i>											
Min/dia	333,2	340,4	331,3	361,6	368,7	14,81	< 0,01	0,02	0,39	0,003	0,21
Min/g de MS	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,03	< 0,0001	< 0,0001	0,31	< 0,0001	0,43
Min/g de FDN	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0	0,14	0,78	0,92	0,21	< 0,0001	0,43
<i>Mastigando</i>											
Min/dia	508,2	514,4	488,7	527,0	530,6	14,30	0,02	0,16	0,56	0,001	0,12
Min/g de MS	0,7	0,6	0,6	0,8	0,9	0,03	< 0,0001	< 0,0001	< 0,01	0,0001	0,75
Min/g de FDN	3,2	2,9	2,7	2,7	2,9	0,18	0,14	0,11	0,03	< 0,0001	0,66
Ócio min/dia	533,2	506,3	485,4	546,3	536,8	6,93	0,87	0,37	0,91	0,325	0,10
Água min/dia	7,4	4,7	9,0	6,9	7,9	1,06	0,02	0,26	0,81	< 0,0001	0,99

¹ Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcross (*Cynodon* sp) com a inclusão de 0 (0DDG), 15 (150DDG), 30 (300DDG), 45(450DDG) e 60 (600DDG) % de DDG na matéria seca. DDG – *dried distillers grains* ²Erro padrão da média ³Contrates polinomiais L:linear, Q: quadrático; T: efeito de tratamento; P: efeito de período; T*P: efeito interação tratamento e período

4.3.3 Caracterização macroscópica do epitélio ruminal

Não houve efeito sobre o número de papilas/cm², % de papilas/área de superfície absorptiva, largura e comprimento ($P > 0,05$) (Tabela 13). Contudo, as variáveis área de papilas cm² ($P = 0,0007$) e área de superfície absorptiva cm² ($P = 0,0046$) reduziram linearmente com o aumento do DDG na dieta.

Tabela 13. Efeito de teores crescentes de grãos secos de destilaria (DDG) sobre a morfometria ruminal de cordeiros confinados.

Item	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³		
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DGG		T	L	Q
Número de papilas/cm ²	77,99	76,93	83,44	76,54	80,11	6,74	< 0,01	0,85	0,86
Área de papilas, cm ²	0,28	0,27	0,27	0,25	0,24	0,01	< 0,01	< 0,001	0,97
Área de superfície absorviva, cm ²	22,56	21,25	22,78	20,94	20,77	0,69	< 0,01	< 0,01	0,81
%Papilas/ASA ⁴	94,93	95,26	93,22	96,14	95,6	0,83	0,98	0,40	0,28
Largura, cm	0,21	0,20	0,19	0,19	0,19	0,01	0,08	0,21	0,49
Comprimento, cm	0,52	0,51	0,51	0,46	0,47	0,03	0,05	0,13	0,79

¹ Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcross (*Cynodon* sp) com a inclusão de 0 (0DDG), 15 (150DDG), 30 (300DDG), 45(450DDG) e 60 (600DDG) % de DDG na matéria seca. DDG – *dried distillers grains* ²Erro padrão da média ³Contrates polinomiais L:linear, Q: quadrático; T: efeito de tratamento; P: efeito de período; T*P: efeito interação tratamento e período

Tabela 14. Efeito de teores crescentes de grãos secos de destilaria (DDG) sobre características da carcaça

Item	Dietas ¹					EPM ²	Valor de P ³		
	0DDG	150DDG	300DDG	450DDG	600DDG		T	L	Q
Peso vivo ao abate, kg	48,4	46,1	45,5	40,8	37,4	1,03	< 0,0001	< 0,0001	0,27
Peso carcaça quente, kg	27,4	25,5	24,4	21,4	19,8	0,69	< 0,0001	< 0,0001	0,68
Peso carcaça fria, kg	26,9	25,1	22,4	21,1	19,4	0,65	< 0,0001	< 0,0001	0,73
Rendimento carcaça quente, %	56,5	55,4	53,6	53,4	52,9	0,43	0,04	< 0,001	0,32
Rendimento carcaça fria, %	55,5	54,4	53,4	51,1	51,1	0,78	0,03	0,04	0,10
Perda por resfriamento, %	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	0,16	0,07	0,04	0,97
Espessura de gordura subcutânea, mm	2,2	2,2	2,1	1,7	1,7	0,20	0,05	0,02	0,74
Espessura da parede corporal, mm	22,6	22,7	21,5	16,9	17,1	1,43	< 0,0001	< 0,001	0,49
Escore de marmoreio	2,6	2,6	2,3	2,1	2,1	0,16	< 0,01	< 0,01	0,77
Área de olho de lombo, cm ²	17,0	16,9	15,2	14,5	13,2	0,70	< 0,0001	< 0,0001	0,51
Índice de compacidade de carcaça	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,02	< 0,01	< 0,0001	0,43

¹Dietas experimentais compostas por 90% concentrado e 10% feno Coastcros (*Cynodon*) com a inclusão de 0 (0DDG), 15 (150DDG), 30 (300DDG), 45 (450DDG) e 60 (600DDG) % de DDG na matéria seca. DDG: grãos secos de destilaria. ²Erro padrão da média ³Contrates polinomiais L:linear, Q: quadrático; T: efeito de tratamento.

4.4 Discussão

4.4.1 Desempenho

A redução linear no GMD e no PCA foi devida à redução no CMS (kg/dia, g/kg PC^{0,75} e %PC) (Tabela 11). O CMS é a variável de maior influência no desempenho animal. É muito bem documentado a forte e positiva correlação entre o CMS e ganho de peso (AFRC, 1998; Cannas et al., 2004; INRA, 2007; NRC, 2007; Vieira et al., 2013).

Os resultados de CMS (Tabela 11) demonstram que parece ter havido uma limitação a medida que incluiu o DDG na dieta. A regulação do consumo de alimentos é complexa e multifatorial, incluindo mecanismos relacionados ao animal e ao alimento (Mertens, 1994). Não há consenso de como os ruminantes regulam esta importante atividade (Michael Forbes, 2007). No presente estudo, houve redução de 27% no CMS entre o tratamento 600DDG e 0DDG (730 vs 1001 g/dia). Dessa forma, hipotenzamos que a redução do CMS no presente estudo está associada a diminuição na digestibilidade da dieta e a baixa aceitabilidade do DDG, assim como proposto por outros autores (Curzaynz-Leyva et al., 2019; de Evan et al., 2020; Świątkiewicz e Koreleski, 2008).

A redução na digestibilidade da fibra resulta em menor CMS devido ao enchimento ruminal (Van Soest, 1994), outros autores já observaram redução na digestibilidade da fibra ao incluir o DDG na dieta (Leupp et al., 2009; Islas e Soto-Navarro 2011; Bachaar et al., 2013). É destacado que a redução na digestibilidade da fibra é associada à menor atividade das bactérias fibrolíticas devido o menor aporte de proteína degradável no rúmen (PDR) (Bachaar et al., 2013). Tal fato pode ter ocorrido também no presente estudo, visto que o teor de nitrogênio ligado ao FDA (N - FDA) aumentou nas dietas (4,2, 7,9, 10, 12,1 e 15,4%; para as dietas com 0, 15, 30, 45 e 60%DDG, respectivamente) (Tabela 8). O DDG utilizado apresentava 21,4% de N - FDA (Tabela 10), valor aproximadamente 8 pontos percentuais superior aos reportados na literatura (Maxin e Lapierre, 2013; Lee et al., 2016; Fonseca et al., 2021). O N-FDA embora seja um composto proteico não apresenta disponibilidade aos microrganismos ruminais ou digestibilidade intestinal (Sniffen et al., 1992).

Altas concentrações de proteína na dieta estão associadas a redução do CMS (Wang e Provenza 1966; Haddad et al., 2001; Rocha et al., 2004). No presente estudo, nos tratamentos 30, 45 e 600DDG houve excesso de proteína, o que também pode

ter contribuído para diminuição no CMS dos animais que receberam as dietas com maiores inclusões de DDG. Contudo, esta hipótese não se aplica ao tratamento 150DDG, pois neste tratamento, mesmo o teor de PB estando adequado, também houve diminuição no CMS.

Estudos prévios reportaram redução no CMS em resposta a inclusão de grãos secos de destilaria na dieta de cordeiros. Como exemplo, Crane et al. (2017) observaram redução no CMS quando incluíram 30% de DDG na dieta. De modo similar, Curzaynz-Leyva et al. (2019) observaram diminuição no CMS quando incluíram 45% de DDG na dieta de cordeiros. Mas, vale destacar, que outros autores não observaram diferenças no CMS com inclusões que variam de 32 a 60% de DDG na dieta total de cordeiros em confinamento (Neville et al., 2009; Orosco et al., 2009; Van Emon et al., 2012).

A divergência nos resultados para o CMS está relacionada ao teor de inclusão e a origem do DDG (Klopfenstein, 1996). Existe uma grande variação na qualidade e composição dos grãos secos de destilaria (Batal and Dale, 2006; Carlson, 2017; Klopfenstein, 1996; Świątkiewicz and Koreleski, 2008; Waller et al., 1980). Os diferentes processos resultam em grãos secos de destilaria com diferentes aspectos visuais (cor e granulometria), e diferentes valores nutricionais. A principal fonte de variação é o processo da produção do DDG na indústria do etanol, principalmente durante a fase de secagem para a recuperação do coproduto (Liu et al., 2009; Abdalla et al., 2008; Klopfenstein, 1996). No presente estudo, a redução do CMS pode estar associada também a aceitabilidade do DDG, a qual tem sido atribuída ao sabor (Michael Forbes, 2007).

Há relatos na literatura que a cor do DDG apresenta relação com a palatabilidade, digestibilidade e teor de aminoácidos. A cor dos grãos de destilaria pode variar de acordo tempo de aquecimento que cada usina utiliza e tons mais escuros e com menor luminosidade são característicos de DDG que passou por superaquecimento durante o processo de secagem (Batal e Dale, 2006; Świątkiewicz e Koreleski, 2008; Valentim et al., 2021). A cor do DDG usado no presente estudo apresenta um baixo índice de luminosidade (*L) (Tabela 10), além de apresentar elevado teor de N – FDA, tais características ocorrem quando o DDG é superaquecido. Alta temperaturas ocasionam a reação de Maillard entre proteínas e carboidratos (Van Soest et al., 1991), resultando em redução da concentração e digestibilidade de aminoácidos totais, principalmente a lisina. O aquecimento exacerbado pode tornar

amargo o DDG, afetando negativamente a palatabilidade da dieta e o desempenho animal (Buckner et al., 2011; Carlson, 2017; Klopfenstein et al., 2008; Lodge et al., 1997). Portanto, a baixa palatabilidade do DDG utilizado, é a principal hipótese para explicar a diminuição no CMS, mesmo a partir dos menores teores de inclusão na dieta (Tabela 11).

A redução linear da ELM e ELg (Tabela 11) é explicada pelo menor CMS e consequentemente menor GMD e peso dos cordeiros. A redução linear no GMD, EA e peso corporal final foi consequência da menor ingestão de energia digestível e menor energia disponível para o ganho (Tabela 11). Vale destacar que todos os animais foram abatidos na mesma idade, então, o menor peso final foi reflexo do menor GMD conforme aumentou a inclusão de DDG nas dietas (Tabela 11). As respostas em termos de CMS e GMD levou a diminuição linear na EA (Tabela 11). A maior amplitude de redução do GMD em relação ao CMS (kg/dia) culminou em menor EA conforme aumentaram os teores de DDG nas dietas. Estes resultados são coerentes com o de outros autores que também reportaram redução na EA de cordeiros alimentados com dietas contendo DDG (Felix et al., 2012; Gibb et al., 2008; Lodge et al., 1997).

4.4.2 Comportamento ingestivo

O decréscimo no tempo de ingestão com o aumento nos teores de DDG (Tabela 12) é atribuído ao decréscimo no CMS. O teor de FDN crescente das dietas (Tabela 8) explica o efeito linear crescente para o tempo de ruminação (min/d e min/g de MS). Os resultados observados reafirmam a ideia de que o tempo de ruminação é altamente correlacionado ($r^2 = 0,96$) com o teor de FDN da dieta (Welch e Hooper, 1988).

O efeito quadrático para a taxa de mastigação em min/g de FDN apresentou o ponto de máxima para o tratamento 0DDG, o que está associado ao menor teor de FDN (Tabela 8). Segundo Grant (1997), os ruminantes aumentam o número de mastigação por kg de FDN consumida quando o alimento oferecido possui baixa concentração de FDN. Este é um mecanismo adaptativo com o intuito de evitar distúrbios ruminais, uma vez que a atividade de mastigação afeta diretamente a secreção de saliva, e consequentemente o pH ruminal (Colenbrabder et al., 1991).

O efeito quadrático para a taxa de mastigação em min/g de MS, com a maior taxa de mastigação para o tratamento 600DDG, pode ser explicado pelo menor CMS. Embora o tempo de ingestão reduziu linearmente, o CMS não reduziu, proporcionalmente, culminando em maior tempo de mastigação por unidade de MS ingerida. Além disso, a mastigação é o reflexo do tempo gasto na ruminação e ingestão, uma vez que a atividade de mastigação foi calculada através do somatório das atividades de ingestão e ruminação, conforme Weidner e Grant (1994).

4.4.3 Avaliação morfológica do epitélio ruminal

A redução linear da área de papilas e a área de superfície absorptiva provavelmente está em concordância ao menor suprimento de energia no rúmen decorrente da diminuição do CMS nas dietas com maiores teores de DDG (Tabela 10). O desenvolvimento do rúmen é principalmente impulsionado pela ingestão e fermentação dos alimentos (Jesse, 2005), e é dependente da presença de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente o butirato e o propionato (Baldwin et al., 2004). O menor CMS e menor teor de CNF das dietas com maiores teores de DDG, provavelmente reduziu a fermentação no rúmen e culminou em diminuição linear da área de papilas e da área de superfície absorptiva.

4.4.4 Avaliação dos parâmetros de carcaça

O menor PVA explica os menores PCQ e PCF, não há um consenso na literatura dos efeitos do DDG sobre características da carcaça de cordeiros em terminação. No presente estudo 150DDG foi o suficiente para afetar negativamente os parâmetros de carcaça, esses resultados são similares aos reportados por Huls et al. (2006) e Schauer et al. (2006) com a inclusão de 23% de DDG na dieta de cordeiros em terminação. Por outro lado, são reportados na literatura que valores entre 40 e 60% de inclusão de DDG na dieta não afetaram as características de carcaça de cordeiros (Schauer et al., 2008; Whitney et al., 2014).

O decréscimo linear observado para RCQ e RCF (Tabela 14) podem ser explicados pelo PVA. Animais mais leves tendem a apresentar maior teor de

componentes não carcaça o que impacta negativamente o RCQ e RCF (Osorio et al., 1999).

O efeito linear decrescente sobre a EGS no presente estudo explica o aumento linear nas perdas por resfriamento (Tabela 14), tendo em vista que a gordura subcutânea protege a carcaça no processo de resfriamento (Sañudo et al., 2013). Os resultados da EGS corroboram com outros autores estudando os efeitos em cordeiros e novilhos consumindo DDG até 45% na MS (Gordon et al., 2002; Huls et al., 2006; Depenbusch et al., 2009).

A AOL, ICC e EPC são características que podem ser relacionadas com o grau de musculabilidade da carcaça (Kremer et al., 2004; Tarouco et al., 2005). A diminuição linear decrescente na AOL pode ser atribuída à redução no GMD e no PCQ (Borton et al., 2005). Então, é possível inferir que a inclusão do DDG na dieta diminuiu o desempenho e a deposição de músculo nos cordeiros, o que pode ser atribuído ao menor consumo de energia disponível para crescimento e ganho em função da redução do CMS.

4.5 Conclusão

O DDG utilizado no presente estudo, a partir do menor teor de inclusão na dieta (15% da MS), diminuiu o desempenho e piorou as características de carcaça dos cordeiros. Portanto, fica claro que a utilização do DDG na dieta de cordeiros em confinamento deve ser feita com cautela. Como exemplo, a inclusão de 30% de DDG na dieta, valor normalmente recomendado na literatura, reduziu o GMD em 12,5% e a EA em 8,3%. A partir do presente estudo, fica evidente a necessidade de mais pesquisas com cordeiros avaliando DDG de diferentes origens no Brasil.

Referências

- Agricultural and Food Research Council 1998. The nutrition of goats. The technique Committee on response to nutrients. CAB International, Wallingford, UK
- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International, 14th ed. AOAC International, Arlington. VA.
- AOAC, 1997. Official Methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. AOAC International, Arlington. VA.

- Abdalla, A.L., Da Silva Filho, J.C., De Godoi, A.R., De Almeida Carmo, C., De Paula Eduardo, J.L., 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Rev. Bras. Zootec.* 37, 260–268. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300030>
- Archibeque, S.L., Freetly, H.C., Ferrell, C.L., 2008. Feeding distillers grains supplements to improve amino acid nutriture of lambs consuming moderate-quality forages. *J. Anim. Sci.* 86, 691–701. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0139>
- Benchaar, C., Hassanat, F., Gervais, R., Chouinard, P.Y., Julien, C., Petit, H. V., Massé, D.I., 2013. Effects of increasing amounts of corn dried distillers grains with solubles in dairy cow diets on methane production, ruminal fermentation, digestion, N balance, and milk production. *J. Dairy Sci.* 96, 2413–2427. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-6037>
- Baldwin, R.L., McLeod, K.R., Klotz, J.L., Heitmann, R.N., 2004. Rumen development, intestinal growth and hepatic metabolism in the pre- and postweaning ruminant. *J. Dairy Sci.* 87, E55–E65. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70061-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70061-2)
- Batal, A.B., Dale, N.M., 2006. True metabolizable energy and amino acid digestibility of distillers dried grains with solubles. *J. Appl. Poult. Res.* 15, 89–93. <https://doi.org/10.1093/japr/15.1.89>
- Belyea, R.L., Rausch, K.D., Clevenger, T.E., Singh, V., Johnston, D.B., Tumbleson, M.E., 2010. Sources of variation in the composition of DDGS. *Anim. Feed Sci. Technol.* 159, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.06.005>
- Bernardes, G.M.C., Carvalho, S., Pires, C.C., Motta, J.H., Teixeira, W.S., Borges, L.I., Fleig, M., Pilecco, V.M., Farinha, E.T., Venturini, R.S., 2015. Consumption, performance and economic analysis of the feeding of lambs finished in feedlot as the use of high-grain diets. *Arq. Bras. Med. Vet. e Zootec.* 67, 1684–1692.
- Borton, R.J., Loerch, S.C., McClure, K.E., Wulf, D.M., 2005. Characteristics of lambs fed concentrates or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. II. Wholesale cuts and tissue accretion. *J. Anim. Sci.* 83, 1345–1352. <https://doi.org/10.2527/2005.8361345x>
- Buckner, C.D., Wilken, M.F., Benton, J.R., Vanness, S.J., Bremer, V.R., Klopfenstein, T.J., Kononoff, P.J., Erickson, G.E., 2011. Nutrient variability for distillers grains plus solubles and dry matter determination of ethanol by-products. *Prof. Anim. Sci.* 27, 57–64. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30445-9](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30445-9)

- Cannas, A., Tedeschi, L.O., Fox, D.G., Pell, A.N., Van Soest, P.J., 2004. A mechanistic model for predicting the nutrient requirements and feed biological values for sheep. *J. Anim. Sci.* 82, 149–169. <https://doi.org/10.2527/2004.821149x>
- Carlson, Z. E. 2017. Evaluation of protein and fiber from distillers grains plus solubles in finishing beef cattle diets. Masters theses. Univ. of Nebraska- Lincoln.
- Colenbrander, V. F., Noller, C. H., & Grant, R. J. 1991. Effect of fiber content and particle size of alfalfa silage on performance and chewing behavior. *Journal of dairy science*, 74(8), 2681-2690. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74180-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74180-5)
- Crane, A.R., Redden, R.R., Swanson, K.C., Howard, B.M., Frick, T.J., Maddock-Carlin, K.R., Schauer, C.S., 2017. Effects of dried distiller's grains and lasalocid inclusion on feedlot lamb growth, carcass traits, nutrient digestibility, ruminal fluid volatile fatty acid concentrations, and ruminal hydrogen sulfide concentration. *J. Anim. Sci.* 95, 3198–3205. <https://doi.org/10.2527/jas2017.1369>
- Curzaynz-Leyva, K.R., Bárcena-Gama, J.R., Sánchez-del Real, C., Escobar-España, J.C., Rivas-Martínez, M.I., Santillán-Gómez, E.A., Portela-Díaz, D.F., Flores-Santiago, E.J., 2019. Effect of dried distillers grains (DDGS) on diet digestibility, growth performance, and carcass characteristics in Creole wool lambs fed finishing diets. *South African J. Anim. Sci.* 49, 56–62. <https://doi.org/10.4314/sajas.v49i1.7>
- Daniel, J.L.P., Resende júnior, J.C., Cruz, F.J., 2006. Participação do ruminoretículo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. *Brazilian J. Vet. Res. Anim. Sci.* 43, 688–694.
- Depenbusch, B. E., C. M. Coleman, J. J. Higgins, and J. S. Drouillard. 2009. Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. *J. Anim. Sci.* 87:2653–2663. [doi:10.2527/jas.2008-1496](https://doi.org/10.2527/jas.2008-1496)
- de Evan, T., Cabezas, A., de la Fuente, J., Carro, M.D., 2020. Feeding agroindustrial byproducts to light lambs: Influence on growth performance, diet digestibility, nitrogen balance, ruminal fermentation, and plasma metabolites. *Animals* 10. <https://doi.org/10.3390/ani10040600>

- Dias-Junior. P. G., Santos. I.J., Nascimento. F. L, Alves. Paternina, E. A.S., Pereira, I.G., Ramos, L.S., Furusho-Garcia. I. F., 2022. Macadamia oil and vitamin E for lambs: performance, blood parameters, meat quality, fatty acid profile and gene expression 293. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2022.115475>
- Felix, T.L., Zerby, H.N., Moeller, S.J., Loerch, S.C., 2012. Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 90, 1356–1363. <https://doi.org/10.2527/jas.2011-4373>
- Ferreira, E. M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C. Q., Queiroz, M. A. A., Araujo, R. C., ... & Loerch, S. C. (2011). Apparent digestibility, nitrogen balance, and ruminal constituents in ram lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *Journal of animal science*, 89(12), 4127-4133
- Ferreira, E.M., Pires, A. V., Susin, I., Mendes, C.Q., Gentil, R.S., Araujo, R.C., Amaral, R.C., Loerch, S.C., 2011. Growth, feed intake, carcass characteristics, and eating behavior of feedlot lambs fed high-concentrate diets containing soybean hulls. *J. Anim. Sci.* 89, 4120–4126. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3417>
- Fonseca, N. V. B., Cardoso, A. D. S., Hoffmann, A., Leite, R. G., Ferrari, A. C., Fernandes, M. H. M. D. R., & Reis, R. A. 2020. Characterization and effects of DDG on the intake and digestibility of finishing bulls in feedlots. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 43.
- Gastaldello Junior, A.L., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Ferreira, E.M., Mourão, G.B., 2010. Performance and carcass characteristics of lambs fed diets containing a high proportion of concentrate added with buffering agents. *Rev. Bras. Zootec.* 39, 556–562. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982010000300015>
- Gibb, D.J., Hao, X., McAllister, T.A., 2008. Effect of dried distillers' grains from wheat on diet digestibility and performance of feedlot cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 88, 659–665. <https://doi.org/10.4141/CJAS08040>
- Gordon, C. M., J. S. Drouillard, J. Gosch, J. J. Sindt, S. P. Montgomery, J. N. Pike, T. J. Kessen, M. J. Sulpizio, M. F. Spire, and J. J. Higgins. 2002. Dakota Gold-brand dried distiller's grains with solubles: effects on finishing performance and carcass characteristics. Report of progress No.: 890. Proceedings of the Cattlemen's Day, 2002. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports; p. 27–29.

- Grant, R. J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. *Journal of dairy science*, 80(7), 1438-1446. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76073-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76073-9)
- Gunn, P.J., Weaver, A.D., Lemenager, R.P., Gerrard, D.E., Claeys, M.C., Lake, S.L., 2009. Effects of dietary fat and crude protein on feedlot performance, carcass characteristics, and meat quality in finishing steers fed differing levels of dried distillers grains with solubles. *J. Anim. Sci.* 87, 2882–2890. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1521>
- Haddad, S.G., Nasr, R.E., Muwalla, M.M., 2001. Optimum dietary crude protein level for finishing Awassi lambs. *Small Rumin. Res.* 39, 41–46. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(00\)00172-3](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00172-3)
- Hodges, K.M., Kerth, C.R., Whitney, T.R., Wall, K.R., Miller, R.K., Ramsey, W.S., Woerner, D.R., 2020. Replacing cottonseed meal and sorghum grain with corn dried distillers' grains with solubles in lamb feedlot diets: Carcass, trained sensory panel, and volatile aroma compounds traits. *J. Anim. Sci.* 98, 1–8. <https://doi.org/10.1093/JAS/SKAA182>
- Huls, T.J., Bartosh, A.J., Daniel, J.A., Zelinsky, R.D., Wertz-Lutz, A.E., 2006. *Sheep & Beef*. Vol.21. North Dakota State University, 47TH annual sheep and beef day program hettinger research extension center
- Institut National de la Recherche Agronomique. 2007. Feeding of cattle, sheep and goats. Food Values. Tables INRA 2007. Editions Quae, Versailles, France.
- Islas, A., and Soto-Navarro, S. A. 2011. Effect of supplementation of dried distillers grains with solubles on forage intake and characteristics of digestion of beef heifers grazing small-grain pasture. *Journal of animal science*, 89(4), 1229-1237. <https://doi:10.2527/jas.2009-2757>
- Jesse, B. W. (2005). Energy metabolism in the developing rumen epithelium. In *Biology of Growing Animals* (Vol. 3, pp. 391-404). [https://doi.org/10.1016/S1877-1823\(09\)70023-2](https://doi.org/10.1016/S1877-1823(09)70023-2)
- Kleinschmit, D.H., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., 2006. Dried Distillers Grains Plus Solubles with Corn Silage or Alfalfa Hay as the Primary Forage Source in Dairy Cow Diets 1. *J. Dairy Sci.* 5587-5599, 90. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-753>

- Klopfenstein, T., 1996. Distillers grains as an energy source and effect of drying on protein availability. *Anim. Feed Sci. Technol.* 60, 201–207. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(96\)00978-9](https://doi.org/10.1016/0377-8401(96)00978-9)
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R., 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86, 1223–1231. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0550>
- Kremer, R., Barbato, G., Castro, L., Rista, L., Rosés, L., Herrera, V., Neirotti, V., 2004. Effect of sire breed, year, sex and weight on carcass characteristics of lambs. *Small Rumin. Res.* 53, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.09.002>
- Leupp, J. L., Lardy, G. P., Karges, K. K., Gibson, M. L., & Caton, J. S. 2009. Effects of increasing level of corn distillers dried grains with solubles on intake, digestion, and ruminal fermentation in steers fed seventy percent concentrate diets. *Journal of animal science*, 87(9), 2906-2912.
- Liu, K.S, 2011. Chemical composition of distillers grains, a review. *J. Agric. Food Chem.* 59, 1508–1526. <https://doi.org/10.1021/jf103512z>
- Liu, K.S., 2009. Effects of particle size distribution, compositional and color properties of ground corn on quality of distillers dried grains with solubles (DDGS). *Bioresour. Technol.* 100, 4433–4440. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.067>
- Lodge, S.L., Stock, R.A., Klopfenstein, T.J., Shain, D.H., Herold, D.W., 1997. Evaluation of Wet Distillers Composite for Finishing Ruminants. *J. Anim. Sci.* 75, 44–50. <https://doi.org/10.2527/1997.75144x>
- Louvandini, H., Nunes, G.A., Garcia, J.A.S., McManus, C., Costa, D.M., Araújo, S.C. de, 2007. Performance, carcass traits and body constituents of Santa Inês sheep fed sunflower meal to replace soybean meal in the diet. *Rev. Bras. Zootec.* 36, 603–609. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000300013>
- Macit, M., 2002. Growth and carcass characteristics of male lambs of the Morkaraman breed. *Small Rumin. Res.* 43, 191–194. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(01\)00268-1](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(01)00268-1)
- Marques, A.V.M. de S., Costa, R.G., Silva, A.M. de A., Pereira Filho, J.M., Madruga, M.S., Lira Filho, G.E., 2007. Yield, tissue composition and carcass muscularity of Santa Inês lambs fed different levels of silk flower hay in the diet. *Rev. Bras. Zootec.* 36, 610–617. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000300014>

- Maxin, G., Ouellet, D. R., Lapierre, H. 2013. Ruminant degradability of dry matter, crude protein, and amino acids in soybean meal, canola meal, corn, and wheat dried distillers grains. *Journal of dairy science*, 96(8), 5151-5160.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 80, 1463–1481. [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(97)76075-2)
- Michael Forbes, J., 2007. A personal view of how ruminant animals control their intake and choice of food: Minimal total discomfort. *Nutr. Res. Rev.* 20, 132–146. <https://doi.org/10.1017/S0954422407797834>
- Muela, E., Monge, P., Sañudo, C., Campo, M.M., Beltrán, J.A., 2016. Sensory quality of lamb following long-term frozen storage. *Meat Sci.* 114, 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.001>
- Mumm, R.H., Goldsmith, P.D., Rausch, K.D., Stein, H.H., 2015. Land usage attributed to corn ethanol production in the united states: Sensitivity to technological advances in corn grain yield, ethanol conversion, and co-product utilization. *Fuel Prod. from Non-Food Biomass Corn Stover* 245–280. <https://doi.org/10.1201/b18437>
- NASEM. 2016. *Nutrient Requirements for Beef Cattle*, 8th Rev. Ed. Washington, DC. National Academy Press. doi.org/10.17226/19014
- National Research Council - NRC. *Nutrient requirements of beef cattle*. 6.ed. Washington, D.C.: NationalAcademy Press, 1984. 381p.
- National Research Council - NRC, 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. National Academic Press, Washington, DC
- Neville. T. L, A. M. Meyer, J. J. Reed, J. B. Taylor, L. P. Reynolds, D. A. Redmer, K. R. Maddock Carlin, K. A. Vonnahme, and J. S. Caton. 2009 Influence of thiamin supplementation on feedlot performance, carcass quality, and incidence of polioencephalomalacia in lambs fed a 60% distillers dried grains with solubles finishing ration. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, p 135 – 140. Vol. 60.
- Notter, D.R., Greiner, S.P., Wahlberg, M.L., 2004. Growth and carcass characteristics of lambs sired by Dorper and Dorset rams. *J. Anim. Sci.* 82, 1323–1328. <https://doi.org/10.2527/2004.8251323x>

- Nuez Ortín, W.G., Yu, P., 2009. Nutrient variation and availability of wheat DDGS, corn DDGS and blend DDGS from bioethanol plants. *J. Sci. Food Agric.* 89, 1754–1761. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3652>
- Oliveira, A.S., Oliveira, M.R.C., Souza, M.C., Moura, D.C., Souza, J.G., 2012. Use of agro-industrial co-products in cattle feed. XI Congr. sobre Manejo e Nutr. Bov. Colégio Bras. Nutr. Anim. 1–39. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4342.0329>
- Orosco, G. M. F. Martinez-Perez, Y. Diaz, J. M. García-Madrid, A. Islas, and S. A. Soto-Navarro. 2009. The feed value of dry distillers grains plus solubles in 90% concentrate diets for feedlot lambs. *Proceedings, Western Section, American Society of Animal Science*, p 408 – 411. Vol. 60.
- Osório, M. T. M., Sierra, I., Sañudo, C., & Osório, J. C. (1999). Influence of breed, sex and weight/age on carcass yield in lambs . *Ciência Rural*, 29, 139-142.
- Rocha, M.H.M. da, Susin, I., Pires, A.V., Fernandes Jr., J. de S., Mendes, C.Q., 2004. Performance of Santa Ines lambs fed diets of variable crude protein levels. *Sci. Agric.* 61, 141–145. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162004000200003>
- Sañudo, C., Muela, E., Del Mar Campo, M., 2013. Key factors involved in lamb quality from farm to fork in Europe. *J. Integr. Agric.* [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60629-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60629-2)
- Schauer, C.S., Stamm, M.M., Maddock, T.D., Berg, P.B., 2008. Feeding of DDGS in lamb rations. *Sheep Goat Res. J.* 23, 15–19.
- Schauer, C. S., P. B. Berg, M. Stamm, D. M. Stecher, D. Pearson, and D. Drolc. 2006. Influence of dried distillers grains on feedlot performance and carcass characteristics of finishing lambs. *Western Dakota Sheep & Beef Day*. Report No. 47; p. 34–37
- Schingoethe, D.J., Kalscheur, K.F., Hippen, A.R., Garcia, A.D., 2009. The use of distillers products in dairy cattle diets. *J. Dairy Sci.* 92, 5802–5813. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2549>
- Schmit, T.M., Boisvert, R.N., Enahoro, D., Chase, L.E., 2009. Optimal dairy farm adjustments to increased utilization of corn distillers dried grains with solubles. *J. Dairy Sci.* 92, 6105–6115. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2213>
- Sniffen, C.J., Van Soest, P.J., Russell, J.B. 1992. A Net Carbohydrate and Protein System for Evaluating Cattle Diets: 11. Carbohydrate and Protein Availability. *Anim Sci. Nov*;70(11):3562-77. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>.

- Sorensen, R. J., Stewart, S. S., Jones, C. K., Crane, A. R., & Lattimer, J. M. 2021. Efficacy of corn dried distillers grains with solubles as a replacement for soybean meal in Boer-cross goat finishing diets. *Small Ruminant Research*, 201, 106411. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106411>
- Stock, R.A., Lewis, J.M., Klopfenstein, T.J., Milton, C.T., 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. *J. Anim. Sci.* 77, 1. <https://doi.org/10.2527/jas2000.77e-suppl1w>
- Stotzer, E.S., Alessi, K.C., Torres, R.N.S., Ogunade, I., Corassa, A., Moraes, E.H.B.K., Aliberti, S.R., Vieira, F.J.G., Moura, D.C., Ferreira, D.T., Souza, D.S., Cordeiro, P.O., Molossi, L., Donadia, A.B., Oliveira, A.S., 2022. Corn and sorghum distiller grains in sheep diets. *Small Rumin. Res.* 212. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2022.106710>
- Świątkiewicz, S., Koreleski, J., 2008. The use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in poultry nutrition. *Worlds. Poult. Sci. J.* 64, 257–265. <https://doi.org/10.1017/S0043933908000044>
- Tarouco, J.U., Lobato, J.F.P., Tarouco, A.K., Massia, G. dos S., 2005. Relationship between ultrasonic measurements and subcutaneous fat thickness or ribeye area in the carcass in beef cattle. *Rev. Bras. Zootec.* 34, 2074–2084. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982005000600033>
- Tjardes, K., 2002. Feeding Corn Distiller's Co-Products to Beef Cattle. *Anim. Range Sci.* 6. South Dakota State University, Extension Extra. Paper 61. http://openprairie.sdstate.edu/extension_extra/61
- Tsegay, T., Yoseph, M., Mengistu, U., 2013. Comparative evaluation of growth and carcass traits of indigenous and crossbred (DorperxIndigenous) Ethiopian Sheep. *Small Rumin. Res.* 114, 247–252. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2013.07.003>
- U.S. Grains Council, 2008. Use of DDGS in Sheep and Goat Diets Introduction Growing-Finishing Lambs. A Guid. to Distill. Dried Grains With Solubles 1–5.
- Urano, F.S., Pires, A.V., Susin, I., Mendes, C.Q., Rodrigues, G.H., De Araujo, R.C., Mattos, W.R.S., 2006. Performance and carcass characteristics of feedlot lambs fed with soybeans. *Pesqui. Agropecu. Bras.* 41, 1525–1530. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2006001000010>
- Valentim, J.K., Lima, H.J.D.Á., Bitencourt, T.M., Silva, N.E.M., 2021. Dry Distillery to feed Broilers. *Ensaios e Ciência* 25, 44–49.

- Van Emon, M.L., Gunn, P.J., Neary, M.K., Lemenager, R.P., Schultz, A.F., Lake, S.L., 2012. Effects of added protein and dietary fat on lamb performance and carcass characteristics when fed differing levels of dried distiller's grains with solubles. *Small Rumin. Res.* 103, 164–168. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.002>
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
- Van soest, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. New York: Cornell University Press, 476p
- Vander Pol, K.J., Luebbe, M.K., Crawford, G.I., Erickson, G.E., Klopfenstein, T.J., 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. *J. Anim. Sci.* 87, 639–652. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1036>
- Vieira, P.A.S., Pereira, L.G.R., Azevêdo, J.A.G., Neves, A.L.A., Chizzotti, M.L., Dos Santos, R.D., De Araújo, G.G.L., Mistura, C., Chaves, A.V., 2013. Development of mathematical models to predict dry matter intake in feedlot Santa Ines rams. *Small Rumin. Res.* 112, 78–84. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2012.10.007>
- Waller, J., Klopfenstein, T., Poos, M., 1980. Distillers Feeds as Protein Sources for Growing Ruminants2. *J. Anim. Sci.* 51, 1154–1167. <https://doi.org/10.2527/jas1980.51511154x>
- Wang, J., Provenza, F.D., 1996. Food Preference and Acceptance of Novel Foods by Lambs Depend on the Composition of the Basal Diet. *J. Anim. Sci.* 74, 2349–2354. <https://doi.org/10.2527/1996.74102349x>
- Weidner, S.J., Grant, R.J., 1994. Soyhulls as a replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 513–21. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)76979-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)76979-4)
- Welch, J. G. and Hooper, A. P. Ingestion of Feed and Water. the Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. Englewood Cliffs: Reston, p. 108-116, 1988.
- Whitney, T.R., Lupton, C.J., Muir, J.P., Adams, R.P., Stewart, W.C., 2014. Effects of using ground redberry juniper and dried distillers grains with solubles in lamb feedlot diets: Growth, blood serum, fecal, and wool characteristics. *J. Anim. Sci.* 92, 1119–1132. <https://doi.org/10.2527/jas.2013-7007>

Zinn, R. A., and Y. Shen. 1998. An evaluation of ruminal degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *Journal Animal Science* 76:1280-1289

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de coprodutos na alimentação de animais de produção é um excelente alternativa para a agroindústria se tornar mais sustentável e mais lucrativa, além disso, é uma ferramenta aos nutricionistas no momento de formulação das dietas.

O DDG é um coproduto protéico que diferente do farelo de soja, é um alimento fonte de proteína não degradável no rúmen, dessa forma a sua inclusão na dieta deve ser feita com cautela a fim de atender a exigência de nitrogênio ruminal.

No presente estudo a estratégia de formulação usada foi eficiente para o atendimento da exigência de nitrogênio ruminal. Inclusões de 15 e 30% de DDG em substituição total do farelo de soja e parcialmente do milho foi necessário incluir uma fonte de nitrogênio degradável no rúmen. Neste sentido foi incluído ureia a fim de atender as exigências de nitrogênio ruminal. Já as inclusões de 45 e 60% de DDG resultaram em dietas com excesso de proteína bruta. Neste sentido não foi necessário a inclusão de uma fonte de nitrogênio degradável do rúmen, o excesso de proteína na dieta estimula a reciclagem de nitrogênio, via saliva ou via parede ruminal dessa forma atende a exigência ruminal de nitrogênio. A estratégia de formulação usada na presente pesquisa demonstra a necessidade em se trabalhar a reciclagem de nitrogênio e como isso impacta a exigência de proteína degradável no rúmen. São necessários mais estudos para adicionar tais informações aos modelos mecanísticos de formulação de dietas. Atualmente os modelos de predição não leva em consideração a reciclagem de nitrogênio e cabe ao nutricionista a tomada de decisão a fim de não prejudicar a fermentação ruminal.

O DDG é um coproduto com uso ainda leniente no Brasil, a produção vem crescendo nos últimos anos e com tendência de duplicar a quantidade produzida nos próximos 3 anos, neste sentido conhecer os efeitos na nutrição animal é fundamental para maximizar a sua utilização.

A partir dos resultados obtidos com o presente trabalho fica evidente a importância da agroindústria do etanol apresentar critérios e padrões de qualidade a fim de produzir DDG de alta qualidade. O efeito deletério do uso do DDG sobre as principais variáveis (consumo, digestibilidade, ganho de peso e carcaça) é explicado por características inerentes ao coproduto usado. As principais características que demonstram a baixa qualidade do DDG é a cor, o teor de nitrogênio ligado a fração fibrosa e a palatabilidade do alimento, sendo esta uma característica não mensurada. Contudo, a drástica redução no consumo de matéria seca e a refuga dos animais

frente às dietas com maiores inclusões do DDG fica evidente que havia alguma fator palatável bloqueando o consumo das dietas.

A partir da presente pesquisa sugere que a avaliação da cor do DDG pode ser uma ferramenta para a tomada de decisões a campo. A análise de cor é bastante simples e rápida, o que pode se tornar uma avaliação rotineira durante a aquisição de insumos. O DDG mais claro, com maior índice de luminosidade (L^*) e mais amarelado com maior índice de amarelo (b^*) são coprodutos com maior qualidade. Isso porque os índices L^* e b^* tendem a ser reduzidos quando o coproduto passa por superaquecimento. Altas temperaturas aumentam o teor de nitrogênio ligado a fibra, o que torna a proteína indisponível à fermentação ruminal e a digestão pós rúmen. Ademais o superaquecimento afeta o sabor do DDG, tornando levemente amargo o que prejudica o consumo do alimento e conseqüentemente o desempenho animal. É reconhecido o alto valor dos alimentos protéicos e o DDG um coproduto fonte de proteína é também um alimento de alto custo, neste sentido o nutricionista deve estar se atentar em adquirir um produto que não prejudique o desempenho animal e lucratividade do sistema.

A presente tese de doutorado demonstrou de forma evidente e clara que os efeitos da inclusão do DDG na dieta de cordeiros está intimamente relacionado com a sua qualidade. Nos últimos anos muito se demonstrou em pesquisas americanas que a inclusão do DDG mantém ou melhora o desempenho e fermentação ruminal. Contudo, há variações e é relacionado a características intrínsecas do DDG. Em países como Estados Unidos que possui tradição, experiência e *knowhow* em produzir etanol a partir do milho as indústrias já trabalham os fatores de produção de forma rigorosa a fim de produzir coprodutos comercializáveis de alta qualidade. Os resultados observados na presente pesquisa é um ponto de partida para que as empresas sejam cada vez mais rigorosas e que produzam coprodutos comerciais com maior padrão de qualidade.

Ademais a presente tese demonstra de forma concisa os efeitos em cascata na nutrição de ruminantes. A inclusão do DDG prejudicou o consumo de nutrientes, fermentação ruminal, desenvolvimento das papilas ruminais, desempenho e parâmetros de carcaça. Os resultados obtidos estão bem alinhados e concisos fomentando a necessidade de controle rigoroso da qualidade do DDG ainda na indústria de etanol.