



Grãos secos de destilaria em suplementos para bovinos a pasto

Dried distillers grains in supplements for pasture-fed cattle

Yasmin dos Santos Picanço*¹ , Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes¹ ,
Jefferson Rodrigues Gandra¹ , Daniel Parente Barbosa² , Nayara Gonçalves da Silva¹ ,
Raquel Tenório de Oliveira¹ , João Pedro Sousa do Vale³ 

1 Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil

2 Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brasil

3 Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, São Paulo, Brasil

*autor correspondente: yasmindossantospicanco@gmail.com

Resumo: Objetivou-se avaliar a inclusão de níveis crescentes de DDG sobre consumo e digestibilidade de nutrientes e fermentação ruminal em bovinos mantidos a pasto. Foram utilizados 5 novilhos, machos, castrados, providos de cânula ruminal pesando 450 ± 50 kg, com 18 meses de idade, mantidos em pasto de capim Marandu; e distribuídos em quadrado latino 5×5 . O DDG foi incluído nos suplementos nas seguintes proporções 0, 100, 150, 200 e 300 g/kg de MS. Os dados foram analisados e submetidos à análise de variância, ao nível de significância de 5%, sendo avaliados por regressão polinomial simples. A disponibilidade total de pasto e de matéria verde apresentaram médias de 2,0 Ton/ha e 1,3 Ton/ha, respectivamente, permitindo a seletividade pelos animais. O consumo de pasto ($P=0,032$), MS ($P=0,041$), MO ($P=0,022$), e PB ($P=0,035$) apresentaram comportamento quadrático com a inclusão do DDG nos suplementos, onde os maiores consumos para ambos correspondeu aos suplementos com 100 e 200g/kg de inclusão. A digestibilidade da FDN ($P=0,001$) e MO ($P=0,046$) também sofreu efeito quadrático ($P<0,05$), constatando que em níveis acima de 200g/kg pode ser diminuída. O N-consumido também sofreu efeito quadrático ($P=0,032$) com aumento na inclusão de 100, 200 e 300g/kg de DDG, estando ligado a fração proteica do DDG. Os níveis de Isovalerato ($P=0,0001$), AGCR ($P=0,004$) e a produção de CH₄ ($P=0,022$) diminuiram linearmente, indicando decréscimo nas perdas energéticas pelos animais. Com isso, recomenda-se níveis entre 150 e 200g/kg de DDG em suplementos para bovinos mantidos a pasto.

Palavras-chave: DDG; síntese microbiana; coproduto do etanol.

Abstract: The objective was to evaluate the inclusion of increasing levels of DDG on nutrient intake and digestibility and ruminal fermentation in cattle kept on pasture. Five castrated male steers, fitted with a ruminal cannula, weighing 450 ± 50 kg, 18 months old, kept on Marandu grass pasture were used; and distributed in a 5×5 Latin square. DDG was included in the supplements in the following proportions: 0, 100, 150, 200 and 300 g/kg DM. The data were analyzed and subjected to analysis of variance, at a significance level of 5%, being evaluated by simple polynomial regression. The total availability of pasture and green matter presented averages of 2.0 Ton/ha and 1.3 Ton/ha, respectively, allowing selectivity by animals. The consumption of pasture ($P=0.032$), MS ($P=0.041$), MO ($P=0.022$),

Recebido: 04 de dezembro, 2023. Aceito: 20 de maio, 2024. Publicado: 16 de agosto, 2024.

and PB ($P=0.035$) showed quadratic behavior with the inclusion of DDG in the supplements, where the highest consumption for both corresponded to the supplements with 100 and 200g/kg inclusion. The digestibility of NDF ($P=0.001$) and OM ($P=0.046$) also suffered a quadratic effect ($P<0.05$), noting that at levels above 200g/kg it can be reduced. N-consumed also suffered a quadratic effect ($P=0.032$) with an increase in the inclusion of 100, 200 and 300g/kg of DDG, being linked to the protein fraction of DDG. The levels of Isovalerate ($P=0.0001$), AGCR ($P=0.004$) and CH₄ production ($P=0.022$) decreased linearly, indicating a decrease in the energy levels of the animals. Therefore, levels between 150 and 200g/kg of DDG are recommended in supplements for cattle kept on pasture.

Keywords: DDG; microbial synthesis; ethanol co-product.

1. Introdução

A suplementação a pasto tem o intuito de dar um suporte à forragem para suprir as exigências nutricionais dos animais, além de fornecer aditivos que beneficiam o ambiente ruminal, favorecendo a utilização do alimento consumido e aumentando a produtividade. Dentro da produção animal, 70% dos custos de uma propriedade são provenientes da nutrição, por esse motivo há uma crescente procura por alternativas que amenizem esses custos (1).

Uma alternativa que vem sendo estudada no Brasil é o uso dos grãos secos destilaria (DDG) na suplementação de animais de produção. Sua sigla original é escrita em inglês, e corresponde a "dried distiller's grains". O DDG é um coproduto com alto valor nutritivo, resultante da produção do etanol a partir de grãos (milho, sorgo) (2). Em geral, o grão de milho é o mais utilizado nesse processo, e é, conseqüentemente, a matéria prima para a obtenção do DDG (3).

O DDG vem sendo frequentemente utilizado por pecuaristas nos Estados Unidos, Paraguai e Argentina, e, devido ao aumento do mercado do etanol de milho no Brasil, esse coproduto tem sido disponibilizado no mercado internacional e nacional (4). A composição nutricional do DDG pode variar bastante, pois é afetada pelo tipo de grão, eficiência de fermentação e operação prática de produção de etanol entre diferentes fornecedores. Esse também é um motivo pertinente para que este coproduto seja estudado, analisando amostras de diferentes fornecedores, buscando alcançar uma qualidade consistente do DDG como um ingrediente para ração animal (5). São obtidos tipos diferentes de DDG resultantes do processamento do grão, sendo que o resíduo da fermentação e destilação gera óleo, solúveis e WDG (Grãos úmidos de destilaria). Quando os solúveis são incorporados ao WDG origina-se o WDGS (Grãos úmidos de destilaria com solúveis). O WDG e o WDGS podem passar por um processo de secagem originando DDG e DDGS (Grãos secos de destilaria com solúveis) (6).

Hernández et al. (7) testaram a inclusão de DDGS de milho na suplementação de novilhos a pasto frente a baixa qualidade da forragem. Os autores concluíram que o DDGS pode ser uma alternativa adequada de suplementação, pois sua inclusão melhorou os parâmetros de fermentação ruminal. Na mesma pesquisa, os autores destacaram que na inclusão de 12g/kg de DDGS no suplemento reduz o consumo de forragem, enquanto a digestibilidade da dieta e consumo de nutrientes digestíveis aumenta.

Esse coproduto é rico em proteína “by pass” (proteína não degradada no rúmen), o qual é um fator desejável, quando objetiva-se maior ganho de peso, principalmente em animais jovens, que apresentam exigência proteica maior (2). Além disso, seu efeito na fisiologia, metabolismo e digestibilidade de nutrientes para ruminantes ainda é pouco explanado, sendo boa parte das pesquisas voltadas para monogástricos.

Apesar dessas vantagens da utilização do DDG para bovinos, ainda são poucas as pesquisas com sua inclusão para criações a pasto, a grande maioria das pesquisas focam seus interesses nas produções em confinamento ou são realizadas fora do Brasil. Com isso, objetivou-se avaliar a inclusão de níveis crescentes de DDG em suplementos para bovinos mantidos a pasto sobre os aspectos de consumo, digestibilidade, fermentação ruminal e balanço de nitrogênio.

2. Material e métodos

O experimento atual está de acordo com os princípios estabelecidos pelo Comitê de Ética da Universidade Federal da Grande Dourados (protocolo de aprovação: (023/2015 CEUA / UFGD). Este estudo foi realizado entre outubro de 2020 e janeiro de 2021 nas instalações de Nutrição de Ruminantes e no Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, em Dourados, Brasil. As análises foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e no Laboratório de Avaliação de Coprodutos Oleaginosos, do Centro de Pesquisa em Agroenergia e Conservação Ambiental (LAPAC/FINEP), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). A UFGD está localizada na cidade de Dourados, no Estado de Mato Grosso do Sul-MS, com coordenadas geográficas 22°11'43,49" de latitude sul e 54°55'77" de longitude oeste.

2.1 Local, animais e tratamentos

O presente experimento foi conduzido durante os meses de outubro de 2020 a janeiro do ano de 2021, seguindo os princípios prescritos pelo Comitê de Ética da Universidade Federal da Grande Dourados (Protocolo de aprovação: 023/2015 CEUA / UFGD). O estudo a campo foi desenvolvido no setor de Nutrição e Produção de Ruminantes. As análises foram realizadas no laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e no Laboratório de Avaliação de Coprodutos de Oleaginosas, do Centro de pesquisa em Agroenergia e Conservação Ambiental (LAPAC/FINEP), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). A UFGD localiza-se na cidade de Dourados no Estado do Mato Grosso Do Sul- MS, com localização geográfica situada nas coordenadas 22°11'43.49" de latitude sul e 54°55'77" de latitude oeste.

Foram utilizados cinco novilhos mestiços canulados, com média de idade 18 meses e 450±50kg. Os animais foram distribuídos casualmente em delineamento de quadrado latino (5x5). Em cada período experimental houve rotação dos suplementos entre os animais, fazendo com que consumissem todos os diferentes tratamentos. Os cinco períodos experimentais tiveram duração de 18 dias dos quais 8 dias foram para a adaptação dos animais e 10 dias para a coleta de dados. Os animais foram distribuídos em cinco piquetes individuais de aproximadamente 0,2 hectares, munidos de cocho, bebedouro e pasto *Urochloa brizantha*, cv. *Marandu* (*Syn. Brachiaria*).

Tabela 1 Composição bromatológica do DDG, milho e farelo de soja utilizados no suplemento fornecido aos animais

Item	DDG	Milho	Farelo de soja
MS%	86,19	88,23	89,09
PB%	45,19	9,46	47,74
FDN%	46,72	30,88	22,14
FDA%	27,68	5,85	10,50
Cinzas%	2,23	1,13	6,62
*NDT%	64,3	70,91	74,56

MS= Matéria seca. PB= Proteína bruta (% da MS). FDN= Fibra em detergente neutro (% da MS); FDA= fibra em detergente ácido (% da MS). NDT= nutrientes digestíveis totais (% da MS). DDG= grãos secos de destilaria. *%NDT = $83,79 - 0,4171 * FDN$, Capelle et al., (9).

Tabela 2 Proporção (%) e composição química bromatológica dos suplementos experimentais (base MS) contendo níveis crescentes de DDG e proporção dos ingredientes

Ingrediente	Níveis de inclusão de DDG (g/kg)				
	0	100	150	200	300
Milho	79,90	79,40	75,90	72,90	64,80
F. Soja	13,0	3,50	2,00	1,00	0,00
DDG	0,00	10,00	15,00	20,00	30,00
Ureia protegida	3,00	3,00	3,00	2,00	1,00
Mistura mineral	4,1	4,1	4,1	4,1	4,2
MS%	82,08	81,79	81,68	82,45	83,03
PB%	20,66	20,60	21,81	21,01	21,99
FDN%	27,55	29,97	30,89	32,08	34,03
FDA%	6,04	7,78	8,80	9,91	12,09
*NDT%	66,35	65,34	64,96	65,30	65,24

F. soja = Farelo de soja. DDG= grãos secos de destilaria. MS= Matéria seca. PB= Proteína bruta (% da MS). FDN= Fibra em detergente neutro (% da MS); FDA= fibra em detergente ácido (% da MS). NDT= nutrientes digestíveis totais (% da MS). *%NDT = $83,79 - 0,4171 * FDN$, Capelle et al., (9).

2.2 Disponibilidade de forragem

A disponibilidade de forragem foi realizada no primeiro dia de cada período experimental, por meio do corte rente ao solo de áreas delimitadas aleatoriamente (10 áreas por piquete) com um quadrado metálico de 0,25m². As amostras coletadas foram levadas ao laboratório, homogêneas e subamostradas duas vezes, uma para a determinação da disponibilidade de matéria seca e composição bromatológica da forragem ofertada (pesada, e seca em estufa de ventilação forçada a 60° C). A outra amostra foi separada para a determinação da composição morfológica do pasto (folha, colmo mais bainha e material senescente) para a quantificação da composição. Foram confeccionadas amostras compostas para cada piquete, as quais foram secas sob ventilação forçada (60°C) e processadas em moinho de facas (1 mm), para posteriores análises. A altura do pasto foi medida com régua graduada em centímetros, procurando a altura média das folhas do pasto em todos os 10 pontos de coleta em cada piquete.

A coleta de forragem consumida pelo animal (extrusa) foi realizada no 18º dia de cada período, através de esvaziamento total do rúmen. Os animais foram submetidos a jejum de aproximadamente 12 horas, e no dia da coleta tiveram seu rúmen esvaziado manualmente, seco com pano, em seguida levados para seus respectivos piquetes onde permaneceram pastejando por cerca de 40min. Ao final deste período coletou-se amostra de aproximadamente 400g do material ingerido. As amostras foram homogeneizadas e acondicionadas em sacolas plásticas devidamente identificadas e congeladas à -18°C, e transportadas para o Laboratório de Nutrição Animal/UFGD, para posteriores análises. Para a disponibilidade total de pasto foi feito o cálculo: $DT = \text{kg forragem verde/ha} \times \%MS$, onde MS = Matéria seca. A disponibilidade total de matéria verde foi encontrada através do cálculo: $DT \times F+C/100$, onde DT= Disponibilidade total de pasto; F+C= proporção de folha mais colmo.

2.3 Ingestão de nutrientes e digestibilidade aparente total

A ingestão de matéria seca (MS) foi calculada a partir da excreção fecal total de MS e do FDNi das fezes, pasto e concentrado. Para estimar a excreção fecal de MS diária, foi inserido um cartucho de papel com 10g/dia de dióxido de titânio (TiO₂) diretamente no rúmen por intermédio de cânula ruminal. O fornecimento de TiO₂ ocorreu no 1º dia de cada período experimental, durante dez dias seguidos, sendo cinco dias para a adaptação do marcador externo e cinco dias para a coleta, às 08:00 da manhã ⁽¹⁰⁾.

As fezes foram coletadas diretamente do reto dos animais entre o 6º e o 12º dia experimental, em diferentes horários (08h, 10h, 12h, 14h e 16h), acondicionadas em sacos plástico, identificadas e congeladas a -18°C. Posteriormente às coletas, as amostras de fezes foram pesadas e secas em estufa de ventilação forçada a 55° C, em seguida foram processadas. Ao fim de cada período foi obtida uma amostra composta por animal, retirando-se uma amostra de cada piquete por período, para análise química.

As concentrações de TiO₂, foram obtidas espectrofotometria UV/Vis, em concordância com o método colorimétrico de MYERS et al. ⁽¹¹⁾. A excreção fecal foi calculada por intermédio da formula: $(EF = OF/COF)$. Em que: EF = Excreção Fecal diária (g/dia); OF = dióxido de titânio fornecido (g/dia) e COF = Concentração de dióxido de titânio nas fezes (g/g MS).

A FDNi (marcador interno) foi utilizada com o intuito de determinar o consumo de matéria seca da forragem. Uma vez secas e processadas as amostras de fezes, suplemento e extrusa, estas foram inseridas em sacos de TNT (100g/cm²; 5x5 cm) contendo 0,5g de amostra e incubadas no rúmen (*in situ*) por 288 horas ⁽¹²⁾. O consumo de matéria seca foi estimado conforme descrito por Dias et al. ⁽¹⁾ através da equação: $CMS (\text{kg/dia}) = \{[(EF \times CIFZ) - IS] / CIFO\} + CMSS$. Em que: CMS = consumo de matéria seca (kg/dia); EF = excreção fecal (kg/dia); CIFZ = concentração do indicador presente nas fezes (kg/kg); IS = indicador presente no suplemento (kg/dia); CIFO = concentração do indicador presente na forragem (kg/kg), CMSS = consumo de matéria seca do suplemento (kg/dia).

2.4 Fermentação ruminal

No 14º dia de cada período experimental, foram coletadas amostras de líquido ruminal, para leitura de pH, concentração de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e ácidos graxos de cadeia curta. As coletas de líquido ruminal foram realizadas antes e 2, 4, 6 e 8 horas após a suplementação. As amostras foram filtradas em uma camada tripla de gaze para que fosse coletado apenas o líquido, sem resíduos.

A leitura do pH foi realizada em seguida, após cada coleta de líquido ruminal, por meio de um pHmetro digital portátil. Para o preparo das amostras para as análises de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), foram retiradas frações dessas amostras (10-20mL). Essas frações foram centrifugadas a 3500 rotação por minuto (rpm) durante 5 minutos, em seguida foi coletado 1800uL do sobrenadante e acrescentado 100 uL de ácido orto-fosfórico a 20%, após esse processo as amostras foram congeladas para posterior análise de AGCC.

Os AGCC do líquido ruminal foram analisados por cromatografia gasosa utilizando um cromatógrafo Shimadzu© GC-2010 Plus equipado com injetor automático AOC-20i, coluna capilar Stabilwax-DA™ (30m, 0,25mm ID, 0,25µm df, Restek©) e detector de ionização de chama (FID), após acidificação das mesmas com 1 M de ácido ortofosfórico P.A. (Ref. 100573, Merck©) e fortificação com mistura de ácidos voláteis livres (Ref. 46975, Supelco©). Após esse procedimento, uma alíquota de 1µL de cada amostra foi injetada com taxa de split de 40:1, utilizando hélio como gás de arraste à velocidade linear de 42 cm.s⁻¹, obtendo-se a separação dos analitos em uma corrida cromatográfica de 11,5 minutos. As temperaturas do injetor e do detector foram, respectivamente, 250°C e 300°C e temperatura inicial da coluna de 40 °C. A rampa de temperatura da coluna se iniciou com um gradiente 40 até 120 °C à taxa de 40 °C.min⁻¹, seguido de um gradiente de 120 até 180 °C à taxa de 10 °C.min⁻¹ e de 180 a 240 °C à taxa de 120 °C.min⁻¹, mantendo-se a temperatura a 240 °C por mais 3 minutos ao final. Para a quantificação dos analitos, uma calibração do método foi feita com diluições do padrão WSFA-2 (Ref. 47056, Supelco©) e de ácido acético glacial (Ref. 33209, Sigma-Aldrich©) analisadas sob as condições descritas acima. A determinação e a integração dos picos foram feitas utilizando-se o software GCsolution v. 2.42.00 (Shimadzu©).

A estimativa da produção de metano (mM/L) foi realizada segundo fórmula proposta por Moss et al. (13), $CH_4 = 0.45 (C_2) - 0.275 (C_3) + 0.4 (C_4)$; sendo C2 a concentração de ácido acético, C3 a concentração de ácido propiônico e C4 a concentração de ácido butírico.

Para determinação das concentrações de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) foi separada uma alíquota de 40 mL de amostra fixada a 1 ml de HCl 1:1, a qual foi congelada a -18°C para posterior análise realizada conforme o método INCT-CA N-007/1, descrito por Detmann et al. (12); onde a concentração de amônia no líquido ruminal foi estimada pelo sistema micro-Kjeldahl, sem digestão ácida e utilizando-se como base para destilação o hidróxido de potássio (2N), após centrifugação prévia da amostra a 1.000 x g, por 15 minutos.

2.5 Síntese de proteína microbiana

As amostras de urina foram coletadas ao 15º dia de cada período na forma "spot", quatro horas após fornecida a suplementação, por micção espontânea dos animais (14). A amostra

foi dividida em duas alíquotas, uma para determinação de concentração de creatinina, ureia, ácido úrico e alantoína, contendo 10mL de urina e diluída em ácido sulfúrico (0,036 N). A outra fração contendo 50mL de urina e 1 mL de ácido sulfúrico (36N) e destinada para análises de concentrações de N total urinário. Todas as amostras foram identificadas e imediatamente congeladas a -18°C para análises posteriores.

Para quantificar a alantoína foi utilizado o método colorimétrico, conforme técnica de Fujihara et al. (15), descrita por Chen e Gomes (16). Para a determinação da concentração de creatinina e ácido úrico foram utilizados kits comerciais (Labtest, Lagoa Santa, Brasil; Gold Analisa Diagnostica Ltda, Belo Horizonte, Brasil).

A excreção total de derivados de purina foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretado na urina, expressas em mmol/dia. O cálculo de purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia) foi realizado pela equação: $DP = 0,85 * Pabs + 0,385 * PC_{0,75}$, onde o 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purinas e 0,385 $PC_{0,75}$, a contribuição endógena para a excreção de purinas (17).

A excreção urinaria total de creatinina foi quantificada por meio da relação da concentração de creatinina na urina e sua excreção por unidade de peso corporal, aderindo ao valor de 27,36 mg/kg PC (18). As excreções diárias de N-ureia e N-creatinina foram obtidas por meio do produto das concentrações de ureia e creatinina pelo volume urinário de 24 horas, multiplicado por 0,466 ou 0,3715, correspondente aos teores de N na ureia e creatinina, respectivamente. Para quantificar o volume diário de urina, foi utilizada a média diária de creatinina (mg/kg PC/dia) e a concentração de creatinina (mg/L) na amostra spot de urina: $VU (l/dia) = (27,36 \times PC) / [creatinina]$, onde 27,36 representa o valor da excreção diária média de creatinina, em ppm PC, obtido por Rennó et al. (18) em novilhos cruzados e zebuínos, PC é o peso corporal do animal e [creatinina] é a concentração de creatinina, em mg/L, encontrada na amostra de urina spot dos animais.

O balanço de compostos nitrogenados (BN) foi determinado pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido e o total excretado na urina e fezes. As concentrações de nitrogênio nas fezes e urina foram determinadas segundo o sistema micro Kjeldahl. A partir desses valores, foi realizado cálculo para quantificação do nitrogênio retido (N-Retido), descontando-se do BN o valor estimado da exigência de nitrogênio endógeno basal (NEB), que considera o N endógeno tecidual e as perdas dérmicas de N como 0,35 e 0,018 do peso metabólico, respectivamente.

2.6 Determinação dos teores de ureia e creatinina

No 16º do período foi realizada a coleta de sangue, quatro horas após o fornecimento da suplementação, sendo realizada por punção da veia coccígea localizada na cauda dos animais, utilizando anticoagulante (heparina). Após coletas as amostras foram identificadas e centrifugadas a 3.000 rpm por 15 min para retirada de alíquotas do sobrenadante sérico, que em seguida foram congelados (-18°C) para posterior determinação da ureia e creatinina plasmática por colorimetria através de kit comercial (Gold Analisa® Diagnostica Ltda).

2.7 Análises para composição bromatológica

As amostras de fezes, suplementos, extrusa (forragem obtida por esvaziamento ruminal) e pastagem foram avaliadas quanto aos teores de matéria seca (MS; # 934.01), proteína bruta (PB) obtida pela determinação do nitrogênio (N) total usando a técnica micro Kjeldahl (#920.87, Nx6,25); cinzas (CZ; #924.05; AOAC, 1990); e matéria orgânica (100-CZ). A fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada conforme descrito por Van Soest e Robertson (19). As análises de fibra em detergente neutro (FDN), foram realizadas de acordo com Mertens (20) com algumas adaptações, onde foi utilizado o aparelho de autoclave sem o uso de sulfito de sódio. Realizou-se análise de celulose de acordo com Klason apud CRUZ et al. (21), que utiliza a determinação por hidrólise ácida (ácido sulfuro a 72%). A partir do valor da celulose, foi realizado o cálculo para obter a lignina do pasto e da extrusa. O teor de NDT da forragem foi calculado baseado no teor de FDN, conforme equação proposta por Capelle et al. (9): %NDT = 83,79 - 0,4171*FDN.

2.8 Análise estatística

Os dados obtidos foram analisados através do uso do SAS (Version 9.2. SAS Institute, Cary, NC 2009), onde foi verificado a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias pelo comando PROC UNIVARIATE.

Para os efeitos da avaliação dos níveis de inclusão adotou o seguinte modelo: $Y_{ijl} = \mu + A_i + P_j + D_l + e_{ijl}$; onde Y_{ijl} = variável dependente, μ = média geral, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 5), P_j = efeito do período ($j = 1$ a 5), D_l = efeito do nível de DDG ($l = 1$ a 5); e e_{ijl} = erro experimental.

O efeito aleatório do modelo (random) caracterizou-se por: A_i e P_j . Os graus de liberdade foram corrigidos por DDFM= kr. Com os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC MIXED do SAS, versão 9.0, adotando-se nível de significância de 5%, sendo avaliados por regressão polinomial simples pelo PROC REG do SA, adotando-se nível de significância de 5%.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC MIXED, utilizando o LSMEANS, aplicando-se o teste de média de Tukey a 5% de probabilidade.

3. Resultados

A disponibilidade total de pasto e a disponibilidade total de matéria verde apresentaram médias de 2,0 t/ha e 1,3 t/ha, respectivamente. Os teores de proteína bruta (PB) e FDN foram de 4,3 e 77,6%, respectivamente. A relação NDT:PB evidenciou média de 12,0 (Tabela 3).

Tabela 3 Disponibilidade de matéria seca e matéria verde totais, características morfológicas e composição bromatológica do pasto de *Urochloa brizantha*, syn. *Brachiaria brizantha* cv. *Marandu*

	Nível de inclusão de DDG (g/kg)					Média
	0	100	150	200	300	
MS total (t/ha)	2,07	2,14	2,35	1,88	1,60	2,0
MS verde total (t/ha)	1,18	1,27	1,51	1,32	1,03	1,3

Altura (cm)	29,2	28,26	35,00	32,38	32,16	31,4
Colmo %	19,0	14,8	18,6	19,7	20,0	18,4
Folha %	43,21	47,03	46,20	49,32	46,24	46,4
Material morto %	37,78	38,21	35,19	31,00	33,73	35,2
MS %	39,06	36,86	39,34	34,57	36,28	37,2
MO %	91,66	91,74	91,61	91,40	91,10	91,5
PB %	4,60	4,08	4,02	4,64	4,26	4,3
FDN %	78,73	76,69	77,39	77,69	77,29	77,6
FDA %	43,04	40,37	41,84	41,00	41,85	41,6
Lignina %	10,94	9,11	10,20	11,69	9,68	10,3
Cinzas %	8,34	8,26	8,39	8,60	8,90	8,5
*NDT%	50,95	51,80	51,51	51,39	51,55	51,4
NDT:PB	11,08	12,71	12,81	11,07	12,11	12,0

DDG0 = Grãos secos de destilaria com 0g/kg de inclusão na suplementação; DDG100 = Grãos secos de destilaria com 100 g/kg de inclusão na suplementação; DDG150 = Grãos secos de destilaria com 150 g/kg de inclusão na suplementação; DDG200 = Grãos secos de destilaria com 200 g/kg de inclusão na suplementação; DDG300 = Grãos secos de destilaria com 300 g/kg de inclusão na suplementação. MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, FDN = fibra em detergente neutro, FDA = fibra em detergente ácido, NDT = nutrientes digestíveis totais. *%NDT = $83,79 - 0,4171 * FDN$, Capelle et al. (9).

Com a inclusão do DDG, houve efeito quadrático sobre o consumo de pasto (P=0,032), matéria seca (P=0,041), matéria orgânica (P=0,022), e proteína bruta (P=0,035). Houve efeito quadrático sobre a digestibilidade da FDN (P=0,001) e matéria orgânica (MO) (P=0,046) (Tabela 4).

Tabela 4 Consumo médio diário e digestibilidade de nutrientes de bovinos criados a pasto suplementados com níveis crescentes de DDG

	Nível de inclusão de DDG (g/kg)					EPM	Valor de P		
	0	100	150	200	300		Trat	Linear	Quad
Consumo (kg/dia)									
Pasto ^A	15,81	16,68	13,95	18,82	14,65	0,585	0,030	0,214	0,032
Suplemento	4,10	4,08	4,09	4,12	4,15	0,003	0,958	0,899	0,902
Matéria seca ^B	19,92	20,77	18,03	22,94	18,80	0,585	0,029	0,541	0,041
Matéria orgânica ^C	17,26	18,30	16,05	19,65	15,81	0,522	0,042	0,654	0,022
Proteína bruta ^D	2,60	3,21	2,43	3,09	2,40	0,111	0,041	0,577	0,035
FDN	11,11	12,70	11,22	13,29	11,41	0,420	0,173	0,624	0,239
Digestibilidade (g/kg)									
Matéria seca	488,90	492,40	510,62	521,91	471,21	9,054	0,343	0,647	0,161
Matéria orgânica ^E	551,92	557,56	576,21	602,74	496,71	13,121	0,044	0,547	0,046
Proteína bruta	450,82	507,62	454,22	464,52	462,45	17,503	0,557	0,657	0,778
FDN ^F	495,31	533,81	577,12	550,23	515,28	12,256	0,015	0,296	0,001

DDG0 = Grãos secos de destilaria com 0g/kg de inclusão na suplementação; DDG100 = Grãos secos de destilaria com 100 g/kg de inclusão na suplementação; DDG150 = Grãos secos de destilaria com 150 g/kg de inclusão na suplementação; DDG200 = Grãos secos de destilaria com 200 g/kg de inclusão na suplementação; DDG300 = Grãos secos de destilaria com 300 g/kg de inclusão na suplementação. FDN= fibra em detergente neutro. Trat = efeito do tratamento; Quad= efeito quadrático; EPM = Erro padrão da média. Valor de P = 0,05. ^AY = $15,596 + 0,1289X - 0,00475X^2$; $r^2 = 0,69$; ^BY = $19,698 + 0,12630X - 0,00461X^2$; $r^2 = 0,52$; ^CY = $17,108 - 0,1514X - 0,00604X^2$; $r^2 = 0,35$; ^DY = $2,6385 + 0,0445X - 0,0017X^2$; $r^2 = 0,34$; ^EY = $542,954 + 6,5468X - 0,2584X^2$; $r^2 = 0,34$; ^FY = $492,754 + 8,0657X - 0,2433X^2$; $r^2 = 0,21$.

Não houve efeito estatístico para todas as variáveis tanto da síntese de proteína microbiana quanto do balanço de nitrogênio, exceto para os valores de N-consumido. O N-consumido sofreu efeito quadrático (P= 0,032) com a inclusão de DDG (Tabela 5).

Tabela 5 Balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana dos suplementos experimentais com níveis crescentes de DDG

Item	Nível de inclusão de DDG (g/kg)					Valor de P				
	0	100	150	200	300	EPM	Trat	Linear	Quad	
	(g/dia)									
N-Consumo	410,66	514,98	390,25	495,37	495,37	17,919	0,041	0,254	0,032	
N-Fezes	84,83	82,52	74,62	93,54	102,81	3,625	0,086	0,214	0,154	
N-Urina	73,11	68,86	41,88	74,42	65,52	8,428	0,587	0,846	0,395	
N-absorvido	331,82	432,46	315,62	401,83	282,50	19,270	0,065	0,314	0,122	
N-retido	258,71	363,60	273,74	327,40	216,98	18,863	0,105	0,355	0,064	
	Síntese de proteína microbiana									
Purinas totais (mmol/dia)	219,36	336,18	335,06	197,82	299,51	72,594	0,382	0,209	0,456	
Purinas abs (mmol/dia)	243,04	382,12	380,78	217,39	302,60	86,422	0,382	0,209	0,456	
N-microbiano (g/dia)	176,70	277,82	276,85	158,06	278,73	62,833	0,382	0,209	0,456	
PB- microbiana (g/dia)	1104,38	1736,35	1730,30	987,85	1728,56	392,707	0,382	0,209	0,456	
N-ureico no sangue (mg/dL)	12,96	14,87	15,49	12,15	11,31	0,128	0,315	0,243	0,125	

DDG0 = Grãos secos de destilaria com 0g/kg de inclusão na suplementação; DDG100 = Grãos secos de destilaria com 100 g/kg de inclusão na suplementação; DDG150 = Grãos secos de destilaria com 150 g/kg de inclusão na suplementação; DDG200 = Grãos secos de destilaria com 200 g/kg de inclusão na suplementação; DDG300 = Grãos secos de destilaria com 300 g/kg de inclusão na suplementação. Trat = efeito do tratamento; Quad= efeito quadrático; EPM = Erro padrão da média; Valor de P = 0,05.

Houve influência do tempo (P<0,05) apenas para os parâmetros de pH, N-NH3 (nitrogênio amoniacal), níveis de acetato, Isobutirato, Isovalerato e AGCR. Com a inclusão dos níveis de DDG, houve diminuição linear dos teores de AGCR (P=0,004), Isovalerato (P=0,0001) e produção de entérica de metano (CH4) (P=0,022). As demais variáveis presentes na tabela não sofreram efeito dos tratamentos testados no presente estudo (Tabela 6). Os valores de pH e amônia (N-NH3) do líquido ruminal demonstraram influência do tempo sobre os diferentes níveis de DDG nos suplementos (Gráficos 1 e 2).

Tabela 6 Concentrações de ácidos graxos de cadeia curta e parâmetros de fermentação ruminal dos suplementos experimentais com níveis crescentes de DDG

Item	Nível de inclusão de DDG (g/kg)						Valor de P				
	0	100	150	200	300	EPM	Trat	Tempo	Interação	Linear	Quad
pH	6,59	6,58	6,59	6,70	6,58	0,017	0,054	<.0001	0,901	0,90	0,262
N-NH ₃ (mg/dL)	15,28	17,74	16,96	15,64	17,59	1,036	0,789	<.0001	0,054	0,646	0,807
	mmol/L										
Acetato	60,69	56,92	54,17	54,56	52,50	1,428	0,538	0,015	0,024	0,106	0,626



Propionato	17,53	15,49	15,43	15,44	15,19	1,771	0,450	0,164	0,036	0,142	0,331
Butirato	10,02	8,60	8,47	8,36	8,66	0,491	0,292	0,077	0,049	0,125	0,132
Isobutirato	1,040	0,907	0,891	0,925	0,821	0,041	0,370	0,007	0,068	0,088	0,678
Valerato	0,830	0,785	0,688	0,702	0,671	0,319	0,266	0,860	0,094	0,085	0,529
Isovalerato ^A	1,76	1,43	1,41	1,32	1,28	0,070	0,012	<.0001	0,015	0,001	0,178
AGCR ^B	3,64	3,12	2,99	2,95	2,77	0,027	0,040	<.0001	0,017	0,004	0,304
Total	91,89	84,15	81,07	81,34	79,13	2,587	0,440	0,019	0,020	0,088	0,455
Acetato/propionato	3,47	3,66	3,52	3,53	3,49	0,123	0,526	0,005	0,883	0,735	0,357
Metano (g/dia) ^C	26,49	24,79	23,47	23,65	22,91	0,776	0,010	0,015	0,021	0,022	0,567

DDG0 = Grãos secos de destilaria com 0g/kg de inclusão na suplementação; DDG100 = Grãos secos de destilaria com 100 g/kg de inclusão na suplementação; DDG150 = Grãos secos de destilaria com 150 g/kg de inclusão na suplementação; DDG200 = Grãos secos de destilaria com 200 g/kg de inclusão na suplementação; DDG300 = Grãos secos de destilaria com 300 g/kg de inclusão na suplementação. Trat = efeito do tratamento; Quad = efeito quadrático; EPM = Erro padrão da média; Valor de P = 0,05; ^AY = 1.68063 - 0.01570X; r² = 0.54; ^BY = 3.51681 - 0.02785X - r² = 0.52. ^CY = 24.246 - 0.0354X; r² = 0.55.

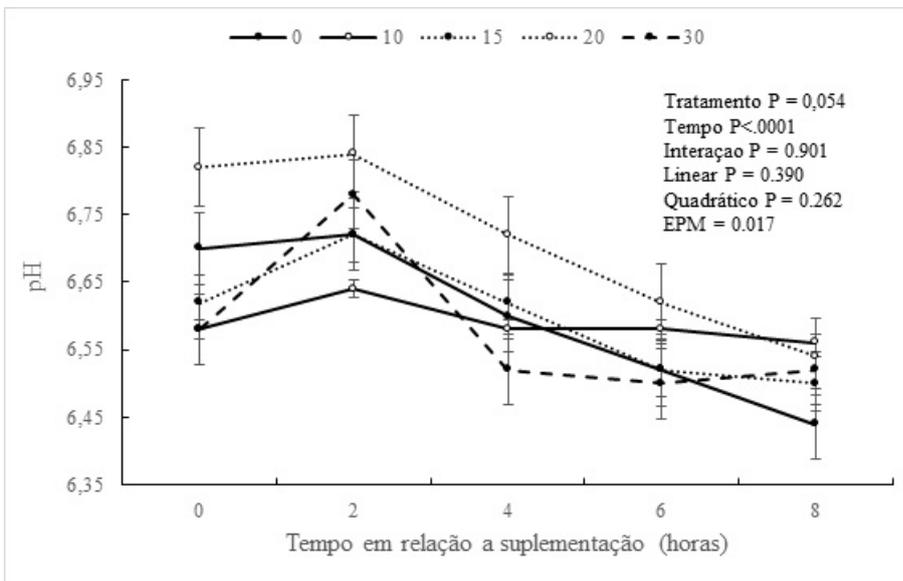


Gráfico 1 Valores de pH do líquido ruminal de novilhos suplementados com níveis crescentes de DDG

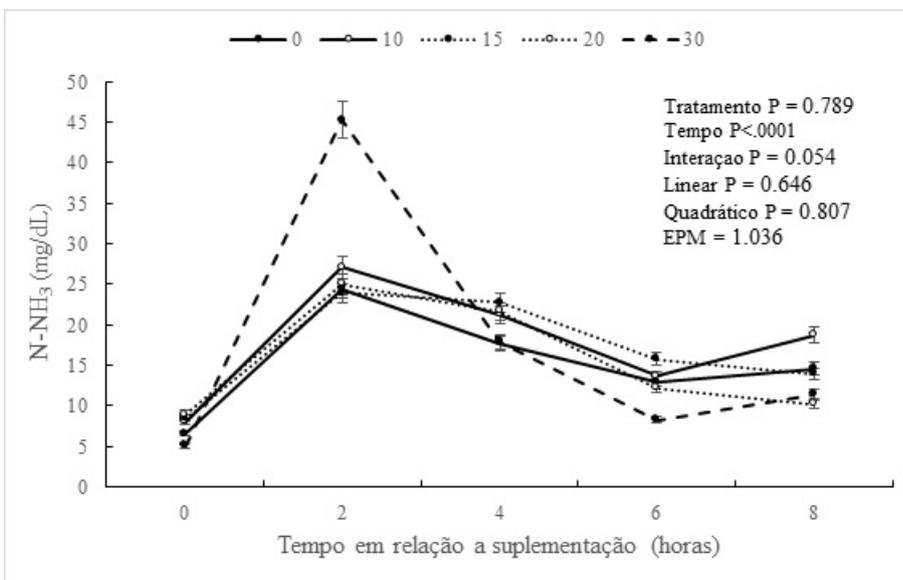


Gráfico 2 Valores de amônia no líquido ruminal de novilhos suplementados com níveis crescentes de DDG

4. Discussão

A disponibilidade total de pasto e a disponibilidade total de matéria verde proporcionaram seletividade da forragem pelos animais, pois de acordo com Silva *et al.* (22), a forragem precisa ter entre 4.500 kg MS/ha e 1.200 kg MS para que a seletividade ocorra (Tabela 3). A relação entre NDT e proteína bruta (NDT:PB) teve média de 12,0 e de acordo com Moore & Kunkle (23), a suplementação proteica pode aumentar o consumo voluntário de pasto quando essa relação entre NDT:PB for maior do que 7. Isso porque essa alta relação indica que há deficiência proteica da pastagem, fazendo-se necessária a suplementação (24). Logo, a relação NDT:PB encontrada na presente pesquisa se enquadra nesse cenário, fazendo com que haja interferência no consumo de pasto e matéria seca.

A ingestão de pasto sofreu efeito quadrático com a inclusão do DDG nos suplementos ($P= 0,032$). Esse consumo aumentou quando os animais consumiram os suplementos com inclusão de 100 g/kg (16,68 kg/dia) e 200 g/kg (18,82 kg/dia) de DDG, porém diminuiu com os demais suplementos (Tabela 4). Possivelmente pode ter ocorrido um aumento da degradabilidade efetiva da matéria seca da dieta, pois quanto mais degradado o alimento é, menos tempo fica retido no rúmen, fazendo com que mais espaço seja liberado para que mais alimento seja consumido pelo animal. O consumo também pode ter sido influenciado pela relação de NDT:PB, já que esta obteve valores acima de 7.

O mesmo ocorreu com o consumo de matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta da dieta, com aumento para os tratamentos com 100 g/kg e 200 g/kg de inclusão de DDG, onde ambas sofreram efeito quadrático. É possível afirmar que em níveis acima de 200g/kg de DDG os animais diminuíram o consumo de MS, MO e PB. Segundo a equação quadrática correspondente a MO, o nível ótimo para o máximo consumo é de 14,03% de DDG no suplemento. Já para PB o ponto ótimo corresponde a 7,85% de DDG. E para o máximo consumo de MS o ponto ótimo de inclusão é de 16,82%.

A suplementação pode modular o consumo através de efeitos associativos, podendo ser aditivos, substitutivos ou combinados (25). Logo, nota-se que pode ter ocorrido um efeito de substituição e adição, onde o consumo de pasto é aumentado pelo fornecimento do suplemento, porém para alguns tratamentos o consumo de volumoso é reduzido, mas não na mesma proporção que o suplemento foi incorporado na dieta. De acordo com a equação quadrática do consumo de pasto, o ponto ótimo de inclusão de DDG na dieta para um máximo consumo é de 16,55% de inclusão de DDG. Níveis de DDG acima disso tendem a causar diminuição do consumo de forragem pelos animais.

Com o aumento da inclusão do DDG, a digestibilidade da MO e FDN também sofreram efeito quadrático. Na inclusão de 150 e 200g/kg a digestibilidade da MO aumentou, ao passo que em quantidades acima de 200g/kg diminuiu. Com isso, o ponto ótimo de inclusão de DDG para máxima digestão da MO é em torno de 10,63% no suplemento, de acordo com a equação quadrática da MO. Já a digestibilidade da FDN, demonstrou um pico correspondente ao tratamento com 150g/kg (577,12 g/kg) de inclusão, os demais obtiveram digestibilidade abaixo desse valor. Diante da equação quadrática da digestibilidade da FDN, a inclusão de

10,29% de DDG é a quantidade ótima para que ocorra máxima digestibilidade dessa fração da dieta. Benchaar et al.,⁽²⁶⁾ trabalharam com a inclusão de DDGS na dieta de vacas leiteiras, e também constataram que a digestibilidade da FDN aumentou ligeiramente com a inclusão de até 20% de DDGS, em seguida diminuiu com a de 30%, causando um efeito quadrático ($P=0,05$) do tratamento. Os autores ainda afirmam que esse aumento da digestibilidade da FDN reflete a alta degradabilidade da FDN do DDGS. Com isso, é provável que a taxa de passagem tenha sido aumentada, pois a principal causa da variação na digestibilidade da dieta é o tempo de retenção de partículas no rúmen⁽²⁷⁾. A fibra mais digestível pode ter estimulado o consumo com o aumento dessa taxa de passagem, liberando mais espaço livre no rúmen para ser preenchido com mais alimento. Já na pesquisa de Leite et al.⁽²⁴⁾, que avaliou a inclusão do DDG em 50% e 100% de substituição ao milho e farelo de algodão na dieta de bovinos em pastejo, os resultados foram diferentes. O autor constatou que a inclusão do DDG não teve influência sobre a digestibilidade da MS, MO, PB e FDN.

Com o efeito quadrático ($P<0,05$) dos níveis de DDG sobre o N-consumido ($P=0,032$), os maiores níveis desse parâmetro correspondem aos tratamentos com 100 (514,98g/dia), 200 (495,37g/dia) e 300g/kg (495,37g/dia) de inclusão de DDG (Tabela 5). Isso se deve a composição do DDG, sendo este um ingrediente de alta proteína. Esses valores podem ser comparados aos da Tabela 4, onde o consumo de PB também demonstrou comportamento quadrático.

Não houve efeito sobre o N-fezes, N-retido, N-absorvido e N-ureico no sangue. Entretanto, os dados numéricos apontam aumento do N-fezes com a inclusão dos níveis mais altos de DDG, chegando a 102,81 g/dia (300g/kg de inclusão). Segundo Zhu et al.⁽²⁸⁾, a quantidade de N excretado reflete a utilização de proteínas, bem como a eficiência na deposição de N. O aumento dos valores de N-retido quando os animais consumiram os suplementos com 100 e 200g/kg de DDG sugere um melhor aproveitamento do nitrogênio. Os níveis de PB-microbiana também não foram influenciados pela dieta. O mesmo ocorreu na pesquisa de Silva et al.⁽²⁹⁾, onde foram testados níveis crescentes de DDG (0%, 31,5%, 63,0% e 94,5%) na suplementação em substituição ao milho. Os autores não constataram influência dos tratamentos no rendimento de proteína microbiana ($P>0,05$). A proteína microbiana tem grande relevância na nutrição de ruminantes já que é uma fonte de alta qualidade de aminoácidos disponíveis para a absorção. Nos dados numéricos o N-ureico diminuiu com os níveis mais altos de inclusão do DDG. O metabolismo de compostos nitrogenados é muito importante para a nutrição de ruminantes, pois uma redução no teor de nitrogênio (N) na urina, além das menores concentrações de ureia plasmática e/ou na urina, implicam em aumento na eficiência da utilização de compostos nitrogenados, estando estes relacionados principalmente às fontes de proteína bruta da dieta⁽³⁰⁾.

Os níveis de pH e N-NH₃ oscilaram com a inclusão do DDG e foram influenciados pelo tempo de coleta. Corroborando com esses achados, no estudo de Araújo et al.⁽³¹⁾ que testaram o DDG em substituição ao farelo de algodão na dieta de touros a pasto, os autores também observaram influência do tempo sobre o pH e N-NH₃. É possível correlacionar essas observações com os dados presentes nos Gráficos 1 e 2, onde observa-se de forma mais

clara a influência do tempo sobre esses parâmetros. Ao longo do dia e com o consumo de MS podem haver alterações no pH e nitrogênio amoniacal (Tabela 6). Entretanto, esses dois parâmetros não sofreram efeito dos tratamentos testados. Os valores de nitrogênio amoniacal encontrados estão entre 15,28 e 17,59 mg/dL. Segundo Detmann et al. ⁽³²⁾, concentrações de N-NH₃ abaixo de 8mg/dL causam deficiência na fermentação ruminal, em geral essas concentrações são comumente observadas em dietas contendo cerca de 10% de PB. Com isso, pode-se afirmar que não houve essa problemática nos resultados encontrados na presente pesquisa. As concentrações de N-NH₃ vêm do balanço entre a taxa de produção e absorção ruminal. Um saldo positivo indica que a quantidade de N-NH₃ presente no rúmen é suficiente para que ocorra o crescimento dos microrganismos e produção de proteína microbiana ⁽³³⁾.

A diminuição linear do AGCR ($P=0,004$) com a inclusão do DDG pode ser resultado da degradação da proteína, pois esta gera NH₃ e AGCR os quais são substrato para bactérias fibrolíticas. De forma mais específica, a proteína degradada no rúmen (PDR) é composta de nitrogênio não protéico (NNP) e proteína verdadeira. Quando a proteína verdadeira é degradada origina peptídeos e aminoácidos (Aas) que serão deaminados em nitrogênio (N) e NH₃, podendo ser degradados pelos microrganismos produzindo AGCR no rúmen ⁽³⁴⁾. Benchaar, et al., ⁽²⁶⁾ também constataram diminuição linear ($P<0,01$) do AGCR com o aumento das proporções de DDGS. O Isovalerato diminuiu linearmente ($P=0,0001$) com inclusão do grão seco de destilaria e sua concentração no rúmen é um indicativo de fermentação de aminoácidos, demonstrando correlação direta com a degradação da proteína ⁽³⁵⁾.

Dietas contendo DDG fornecidas a animais criados a pasto tendem a reduzir a emissão entérica de CH₄, é o que demonstram os resultados do presente estudo. Corroborando com a pesquisa, Benchaar, et al. ⁽²⁶⁾, também constataram diminuição linear do CH₄ com o aumento dos níveis de DDGS na dieta em sua pesquisa. A produção de metano entérico está diretamente ligada a degradação ruminal da fibra, pois promove a produção de acetato o qual é responsável por liberar o hidrogênio que é usado para formar CH₄ ⁽³⁶⁾. Logo, observa-se que os teores de acetato apresentaram diminuição com o aumento dos níveis de inclusão do DDG, disponibilizando menos substrato para a formação do metano. O uso de DDG com solúveis em substituição ao milho e farelo de soja também pode reduzir a produção de metano por unidade de consumo de MS quando incluso na dieta de vacas em lactação ⁽³⁷⁾. O metano é um dos gases do efeito estufa (GEE), e além de causar danos ao meio ambiente ainda é responsável por gerar perdas econômicas no sistema de produção na forma de energia durante o processo de fermentação no rúmen. As emissões entéricas de CH₄ de animais criados a pasto são influenciadas pela manipulação da dieta, principalmente pela forragem que consomem. O potencial metanogênico pode variar bastante entre as espécies vegetais ⁽³⁸⁾. Diante dessas condições, o DDG é uma alternativa que pode ser implementada na dieta de bovinos a pasto, diminuindo as emissões de metano entérico e, conseqüentemente, mitigando as perdas energéticas pelos animais.

5. Conclusão

A inclusão de até 200g/kg de DDG na suplementação de bovinos criados a pasto provocou aumento do consumo de pasto, MS, MO e PB bem como aumento da digestibilidade da MO e FDN. O balanço de nitrogênio não sofreu influência da inclusão de DDG nos suplementos testados, entretanto, nos parâmetros de fermentação ruminal houve diminuição da produção entérica de CH₄, minimizando as perdas energéticas pelos animais. Diante dos resultados sobre o consumo, digestibilidade e fermentação ruminal encontrados, os níveis de inclusão de DDG recomendados em suplementos para bovinos a pasto são de 150 a 200g/kg na quantidade de 1% do peso vivo dos animais.

Declaração de conflito de interesses

Os autores declaram que não existem conflitos de interesse

Disponibilidade de dados

Os dados estarão disponíveis se solicitados

Contribuições do autor

Conceitualização: R. H. T. B. Goes. Curadoria de dados: Y. S. Picanço e D. P. Barbosa. Análise Formal: J. R. Gandra. Aquisição de financiamento: R. H. T. B. Investigação: Y. S. Picanço, D. P. Barbosa, J. P. S. Vale, N. G. Silva e R. T. Oliveira. Metodologia: R. H. T. B. Goes. Administração de projetos: R. H. T. B. Goes. Recursos: R. H. T. B. Goes e J. R. Gandra. Programas: J. R. Gandra. Supervisão: R. H. T. B. Goes e Y. S. Picanço. Visualização: Y. S. Picanço. Redação – rascunho original: Y. S. Picanço. Redação – revisão e edição: Y. S. Picanço e R. H. T. B. Goes.

Agradecimentos

A pesquisa contou com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq – Brasil; Processo: 310837/2020-0; 309888/2023-9), da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT - Processo: 71/032.380/2022 - N° TO: 315/2022 - SIAFEM: 32237). Além disso, os autores agradecem a Maria Gizelma de Menezes Gressles, pela assistência no laboratório.

Referências

- DIAS AOC, GOES RHTB, GANDRA JR, TAKIYA CS, BRANCO AF, JACAÚNA AG, OLIVEIRA RT, SOUZA CJS, VAZ MSM. Increasing doses of chitosan to grazing beef steers: Nutrient intake and digestibility, ruminal fermentation, and nitrogen utilization. *Animal Feed Science and Technology*, 2017, 225: 73-80. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.01.015>.
- REIS RA, ROMANZINI EP. O que esperar do uso de DDG na pecuária de corte? Universidade Estadual Paulista. Research Release. Jaboticabal -SP, 2020, p. 1-21. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28747.34083>
- SILVA JR da, NETTO DP, SCUSSEL VM. Dried distillers grains with soluble, food applications and safety: Review. *Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2016, 10(3):257-270.
- PRADO ACP, SILVA RC, OLIVEIRA TA. O impacto do crescimento do DDG no brasil nas exportações. *Revista Observatório Portuário*, 2022, 1(1): 95-108.
- BUENAVISTA RME, SILIVERU K, ZHENG Y. Utilization of Distiller's dried grains with solubles: A review. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2021, 5:100-195. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2021.100195>.
- GARCIA S. Por dentro do cocho: O que precisamos saber quando falamos em DDG. *Nutrição Animal – Agroceres Multimix*, 2020. [citado 20 de janeiro de 2022]. Disponível em: <https://agroceresmultimix.com.br/blog/por-dentro-do-cocho-o-que-precisamos-saber-quando-falamos-em-ddg/>.

7. HERNÁNDEZ O, LOPEZ A, GARCÍ EM, NAZARENO A, ARROQUY JI. Os grãos secos de destilaria mais a suplementação de solúveis melhoram a utilização de gramíneas tropicais de baixa qualidade em novilhos de corte. *Ciência Rural* [online]. 2022, 52 (6). Doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20201127>
8. NRC - NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient requirements of beef cattle. 8.ed. Washington: Eighth Revised Edition.,2016. 494 p.
9. CAPELLE ER, VALADARES FILHO SC, SILVA JFC, CECOM PR. Estimates of the Energy Value from Chemical Characteristics of the Feedstuffs. *Rev. Bras. Zootec*, 2021, 30:1837-1856. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982001000700022>.
10. FERREIRA MA, VALADARES FILHO SC, MARCONDES MI, PAIXÃO ML, PAULINO MF, VALADARES RFD. Avaliação de indicadores em estudos com ruminantes: digestibilidade. *R. Bras. Zootec*. 2009, 38:1568-1573. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009000800022>.
11. MYERS W D, LUDDEN PA, NAYIGIHUGU V, HESS BW. Technical note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. *J. Anim. Sci.* 2004, 82:179-183. 2004. Doi: <http://dx.doi.org/10.2527/2004.821179x>.
12. DETMANN E, SOUZA MA, VALADARES FILHO SC, QUEIROZ AC, BERCHIELLI TT, SALIBA EOS, CABRAL LS, PINA DS, LADEIRA MM, AZEVEDO JAG. Métodos para análise de alimentos – INCT Ciência Animal. Produção independente. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012. 214 p.
13. MOSS AR, JOUANY JP, NEWBOLD J. Methane production by ruminants: Its contribution to global warming. *Animal Zootechnie*, 2000, 49(3):231–253. Doi: <https://doi.org/10.1051/animres:2000119>.
14. CHIZZOTTI ML, VALADARES FILHO SC, VALADARES RFD. Consumo, digestibilidade e excreção de uréia e derivados de purinas em novilhas de 57 diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2006, 35(4):1813-1821, (supl.). Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000600032>.
15. FUJIHARA T, ORSKOV ER, REEDS PJ, KYLE DJ. The effect of protein infusion on urinary excretion of purine derivatives in ruminants nourished by intragastric nutrition. *J. of Agri. Sci.* 1987, 109:7-12. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0021859600080916>.
16. CHEN XB, GOMES MJ. Estimation of Microbial Protein Supply to Sheep and Cattle Based on Urinary Excretion of Purine Derivatives – an Overview of the Technical Details. International Feed Research Unit. Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, UK, 22. 1992. [citado em 17 out. 2021]. Disponível em: file:///C:/Users/yasmi/Downloads/Estimation_of_Microbial_Protein_Supply_to_Sheep_an.pdf.
17. VERBIC J, CHEN XB, MACLEOD NA, ØRSKOV ER. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. *J. Agricultural Sci.* 1990, 114: 243-248. Doi: <https://doi.org/10.1017/S0021859600072610>.
18. RENNÓ LN, VALADARES RF, VALADARES FILHO SC, LEÃO MI, SILVA JFC, CECOM PR, GONÇALVES LC, DIAS HLC, LINHARES RS. Concentração plasmática de uréia e excreções de uréia e creatinina em novilhos. *R. Bras. Zootec*. 2000, 29:1235-1243. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982000000400038.7>.
19. VAN SOEST PJ, ROBERTSON JB. Analysis of forages and fibrous foods. A Laboratory Manual. Ithaca, NY: Cornell University. 1999.
20. MERTENS DR. Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles. Collaborative study. *Journal of AOAC International*, 2003, 85(6):1217-1240. Doi: <https://doi.org/10.1093/jaoac/85.6.1217>.
21. CRUZ VMV, DANGELO JVH, OLIVEIRA VBLG. Determinação do teor de lignina total em amostras do processo de extração da lignina do licor negro. 52º ABTCP Congresso Internacional de Celulose e Papel Outubro. São Paulo/ SP out., 22-24. 2019.
22. SILVA FF, SÁ JF, SCHIO AR, ITAVO LCV, SILVA RR, MATEUS RG. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 2009, 38:371-389. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001300037>.

23. MOORE JE, KUNKLE WE. Balancing protein and energy in forages. In: Florida Beef Cattle Short Course. Gainesville: University of Florida, 1998. 126p.
24. AGULHON RA, JOBIM CC, BRANCO AF, DIAS FJ. Valor nutritivo da massa de forragem ofertada em uma pastagem de capim-Marandu (*Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) Webster var Marandu) sob pastejo no inverno. Acta Scientiarum. Animal Sciences Maringá, 2004. 26(2):265-272, 2004. Doi: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v26i2.1879>.
25. MOORE JE. Forage Crops In: Hoveland C.S. (Ed.). Crop quality, storage, and utilization. Madison: American Society: Crop Science Society of America, 1980. p.61-91.
26. BENCHAAAR C, HASSANAT F, GERVAIS R, CHOUINARD PY, JULIEN C, PETIT HV, MASSÉ DI. 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. 2013, 96:2413-2427. Doi: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2012-6037>
27. DOREAU M, MICHALET-DOREAU B, GRIMAUD P, ATTI N, NOZIÈRE P. Consequences of underfeeding on digestion and absorption in sheep. Small Ruminant Research. 2003, 49(3): 289-301. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(03\)00145-7](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(03)00145-7).
28. ZHU W, XU W, WEI C, ZHANG Z, JIANG C, CHEN X. Effects of Decreasing Dietary Crude Protein Level on Growth Performance, Nutrient Digestion, Serum Metabolites, and Nitrogen Utilization in Growing Goat Kids (*Capra hircus*). Animals (Basel). 2020 Jan 16;10(1):151. <https://doi.org/10.3390/ani10010151>
29. SILVA YRVB, ZERVOUDAKIS JT, HATAMOTO-ZERVOUDAKIS LK, ABREU MLC, CABRAL LS, FREIRIA LB, SILVA PIJLR, POSSAMAI AJ. Supplementation with different protein profiles for grazing beef cattle supplemented in tropical grass during the rainy-dry transition season. Trop Anim Health Prod., 2021, 53 (29). Doi: <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02467-4>.
30. VIEIRA PAS, AZEVÊDO JG, SILVA FF, PEREIRA LGR, NEVES ALN, SANTOS AB, SOUZA LL, SANTOS RD. Parâmetros ruminais e balanço de nitrogênio em bovinos alimentados com silagem da raiz de mandioca. Pesq. Vet. Bras. 37(8):883-890, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2017000800018>
31. ARAÚJO TLDR, DA SILVA WL, BERÇA AS, CARDOSO ADS, BARBERO RP, ROMANZINI EP, REIS RA. Efeitos da substituição do farelo de algodão por grãos secos de destilaria de milho sobre parâmetros ruminais, desempenho e emissões entéricas de metano em touros Nelore jovens criados em pastagens tropicais. *Animais*. 2021, 11(10):2959. Doi: <https://doi.org/10.3390/ani11102959>.
32. DETMANN E, PAULINO MF, MANTOVANI HC, VALADARES FILHO SC, SAMPAIO CB, SOUZA MA, LAZZARINI I, DETMANN KSC. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis Menten Kinetics. Livestock Science. 2009, 126:136-146. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.06.013>.
33. NOGUEIRA RGS, JUNIOR FP, PEREIRA ASC, CASSIANO ECO, CARVALHO RF, RODRIGUES PHM. Methane mitigation and ruminal fermentation changes in cows fed cottonseed and vitamin E. Sci. Agric. 2020, 77(6): 1-10. Doi: <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2018-0247>.
34. SALAZAR DR, CORTINHAS CS, FREITAS JRJE. Sincronismo energia - proteína: assimilação de nitrogênio e síntese de proteína microbiana em ruminantes. PUBVET, 2008, 2(15). Disponível em: <<http://www.pubvet.com.br/texto.php?id=200>>.
35. VARGAS LH, LANA RP, MÂNCIO AB, CAMPOS JMS, JHAM GN, FREITAS AWP, OLIVEIRA MVM. Effect of Rumensin®, soybean oil and concentrate levels on ruminal parameters and dry matter intake in bovines. Rev. Bras. Zootec., 2001, 30(5):1650-1658. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000600035>
36. VAN SOEST PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press, 476. 1994.
37. CASTILLO-LOPEZ E, JENKINS CJR, ALUTHGE ND, TOM W, KONONOFF PJ, FERNANDO SC. The effect of regular or reduced-fat distillers grains with solubles on rumen methanogenesis and the rumen bacterial community. Journal of Applied Microbiology, 2017. Doi: <https://doi.org/10.1111/jam.13583>
38. DURMIC Z, BLACK JL, MARTIN GB, VERCOE PE. Harnessing plant bioactivity for enteric methane mitigation in Australia. Animal Production Science, 2021. Doi: <https://doi.org/10.1071/AN21004>