

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

ALICE MARIA DA SILVA SANTOS

**UTILIZAÇÃO DE GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS (DDGS)
NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

RIO LARGO- AL

2024

ALICE MARIA DA SILVA SANTOS

**UTILIZAÇÃO DE GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS (DDGS)
NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE: UMA REVISÃO DE
LITERATURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Alagoas, como parte do
requisito para obtenção do título de bacharel em
Zootecnia.

Orientadora: Prof. Dra. Sandra Roseli Valerio Lana

Coorientadora: Thamyres Valeriano Teixeira

RIO LARGO-AL

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

ALICE MARIA DA SILVA SANTOS

UTILIZAÇÃO DE GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS (DDGS) NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE: UMA REVISÃO DE LITERATURA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da
Universidade Federal de Alagoas, como parte do
requisito para obtenção do título de bacharel em
Zootecnia, aprovado em 10 de outubro de 2024.

Orientadora: Prof. Dra. Sandra Roseli Valerio Lana

Banca examinadora:



Documento assinado digitalmente
SANDRA ROSELI VALERIO LANA
Data: 28/10/2024 13:12:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^ª. Dra. Sandra Roseli Valerio Lana – UFAL –
Examinador Interno



Documento assinado digitalmente
ROMILTON FERREIRA DE BARROS JUNIOR
Data: 30/10/2024 10:34:27-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^º. Dr. Romilton Ferreira de Barros Junior – UFRN –
Examinador Externo



Documento assinado digitalmente
THAMYRES VALERIANO TEIXEIRA
Data: 29/10/2024 22:06:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Zootecnista Mestranda Thamyres Valeriano Teixeira -
PPGCA –UFAL - Examinadora Externa

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

S237u Santos, Alice Maria da Silva

Utilização de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) na alimentação de bovinos de corte: uma revisão de literatura. / Alice Maria da Silva Santos - 2024.

27 f.; il.

Monografia de Graduação em Zootecnia (Trabalho de conclusão de curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2024.

Orientação: Dra. Sandra Roseli Valerio Lana

Coorientação: Thamyres Valeriano Teixeira

Inclui bibliografia

1. Destilaria - resíduos. 2. Bovinocultura. 3. Etanol. I. Título

CDU: 636.2.033

DEDICO

A minha mãe, Maria Cícera, a minha avó Maria José e a minha tia Rita Maria por sempre me ouvirem, me apoiarem e sempre me incentivarem a não desistir do curso. Aos meus irmãos Aline Maria, Edson Junior e todos os meus amigos que estiveram comigo nessa caminhada. E em especial ao meu avô Sebastião Cícero (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Nossa Senhora Aparecida que acima de tudo sempre me deu força, me protegeu, me deu coragem e determinação em todo esse tempo.

Ao Curso de Zootecnia do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, por me permitir ter uma formação acadêmica.

A minha Orientadora Prof.^a Dr.^a. Sandra Roseli Valerio Lana, por todo apoio, dedicação, amizade e paciência, não apenas no desenvolvimento do trabalho, mas em todo o decorrer do curso.

A minha Coorientadora e amiga Zootecnista Thamyres Valeriano, que sempre esteve comigo em todo o curso e desenvolvimento deste trabalho.

A minha família que sempre me apoiou em todos os momentos, me incentivando a não desistir, em especial a minha mãe Maria Cícera que fez o possível e impossível para que eu pudesse me manter durante toda a graduação.

As minhas primas: Daniela e Rafaela.

Ao meu afilhado Luiz Bernardo, que desde que comecei o curso foi alguém que me dava forças para ser uma pessoa melhor.

As minhas amigas de turma por todo companheirismo: Dayanne, Larissa, Mayanni, Mércia, Mylena.

As minhas amigas particulares que sempre me ouviram e me deram incentivo para nunca desistir: Carla, Emylly, Ingrid, Isabela, Jéssica, Suellaine, Vitória,

Aos meus amigos do campus: Alice, Anderson, Ary, Edson, Heloísa, Iva, João, Pedro e Williames.

A todos os professores por toda dedicação, por contribuírem com minha formação e compartilharem seus conhecimentos.

A todos meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

O uso de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) na alimentação de bovinos de corte tem sido objeto de interesse crescente na pecuária. O DDGS são coprodutos da produção de etanol e apresentam uma composição nutricional rica em energia, proteína e alto teor de proteína não degradada no rúmen, tornando-se uma fonte atrativa de suplementação alimentar para o bovino de corte. Nesse sentido, o objetivo dessa revisão de literatura é avaliar os efeitos do uso de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) na dieta de bovinos de corte, bem como composição nutricional e seus efeitos no desempenho produtivo. O DDGS apresenta uma composição nutricional adequada para utilização em bovinos de corte, apresentando teor de matéria seca em torno de 88,79%, proteína bruta 30,84%, extrato etéreo 11,17%, fibra em detergente neutro e ácido em torno de 40,06% e 12,83%, respectivamente. Possui efeitos benéficos no desempenho produtivo, podendo ter influência na emissão de metano, qualidade da carne, concentrações de ácidos graxos na carne e função reprodutiva. No entanto, existem alguns entraves na sua utilização. Portanto, é fundamental considerar cuidadosamente os benefícios e desafios associados ao uso de DDGS na alimentação de bovinos de corte, adotando estratégias de manejo de forma a maximizar os benefícios nutricionais, ao mesmo tempo em que são minimizados os possíveis impactos adversos na saúde e desempenho dos animais.

Palavras-chave: resíduo de destilaria; bovinocultura; etanol; alimento alternativo

ABSTRACT

The use of distillers dried grains with solubles (DDGS) in feeding beef cattle has been the subject of increasing interest in livestock farming. DDGS are co-products of ethanol production and have a nutritional composition rich in energy, protein and a high level of protein not degraded in the rumen, making them an attractive source of food supplementation for beef cattle. In this sense, the objective of this literature review is to evaluate the effects of using distillers' dried grains with solubles (DDGS) in the diet of beef cattle, as well as nutritional composition and its effects on productive performance. DDGS has a nutritional composition suitable for use in beef cattle, with a dry matter content of around 88.79%, crude protein 30.84%, ether extract 11.17%, neutral detergent fiber and acid around 40.06% and 12.83%, respectively. It has beneficial effects on production performance and may influence methane emissions, meat quality, concentrations of fatty acids in meat and reproductive function. However, there are some obstacles to its use. Therefore, it is critical to carefully consider the benefits and challenges associated with using DDGS in beef cattle feeding. Adopting management strategies and diet formulation need to be implemented in a way that maximizes the nutritional benefits of DDGS, while minimizing possible adverse impacts on animal health and performance.

Keywords: distillery residue; cattle farming; ethanol; alternative food

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1 CENÁRIO DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO BRASIL.....	10
2.2 PRODUÇÃO DE ETANOL E SEUS COPRODUTOS.....	11
2.2.1 MOAGEM A SECO.....	12
2.3 GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS	13
2.4 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO DDGS.....	14
2.5 DDGS NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE	17
2.6 ENTRAVES DO USO DE DDGS NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE	19
3. CONSIDERAÇÃO FINAL.....	22
REFERÊNCIAS	23

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, houve um crescimento significativo no uso do etanol como biocombustível, sendo este considerado seguro e ecológico. Nos Estados Unidos, esse aumento é notável, com a produção de etanol de milho triplicando na última década (RAY; RAMACHANDRAN, 2018). Segundo o Serviço de Pesquisa Econômica do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA), em 2017, aproximadamente 29% do milho cultivado no país foi destinado à produção de etanol (USDA ERS, 2017).

Segundo a União Nacional de Etanol de Milho (UNEM) a produção de etanol de milho no Brasil deve alcançar 6 bilhões de litros na safra 2023/2024, um aumento de 36% em relação ao ciclo anterior e um aumento de 800% em 5 anos. Isso devido ao investimento em tecnologias, que aumentam o rendimento da indústria e a maior demanda do mercado internacional por biocombustíveis.

O aumento da produção de etanol resulta em uma oferta de coprodutos no mercado. Os altos custos associados à alimentação animal, leva a uma busca por alternativas que reduzam os custos de produção sem comprometer o desempenho produtivo, resultando em uma diminuição dos custos de produção (REIS et al., 2020).

Os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) é um coproduto que vem sendo utilizado na alimentação animal por seu reconhecido valor nutricional, onde a maior parte do amido é eliminada do milho durante a fermentação do etanol, e a concentração de nutrientes, como proteínas, lipídios e fibra em detergente neutro (FDN) aumentaram em quase três vezes. Além disso, devido ao seu baixo teor de amido, a alimentação com grandes quantidades de DDGS reduz o risco de acidose ruminal em comparação com a alimentação com milho (AHERN et al., 2016; JOLLY-BREITHAUPT et al., 2018).

Diversos estudos com o uso de DDGS na alimentação de bovinos de corte tem demonstrados seus efeitos sobre o desempenho produtivo, redução da emissão de metano, qualidade da carne, concentrações de ácidos graxos na carne e função reprodutiva (ALDAI et al., 2010; FELIX; LOERCH, 2011; SCHOONMAKER; CLAEYS; LEMENAGER, 2013; NUÑEZ et al., 2015; KASSETAS et al., 2021; HOFFMANN et al., 2021).

Desse modo, o objetivo dessa revisão de literatura é avaliar os efeitos do uso de grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS) na dieta de bovinos de corte, assim como sua composição nutricional e seus efeitos no desempenho produtivo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CENÁRIO DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO BRASIL

O crescimento da pecuária de corte no Brasil solidificou o país nos mercados internacionais como um dos maiores exportadores de carne bovina. Em 2023, o Brasil atingiu recorde no volume de carne exportada alcançando a marca de 226 milhões de toneladas exportadas para mais de 150 países, superando as exportações em 22,6%. Outro marco foi no faturamento com as exportações atingindo USD 12,97 bilhões, um aumento de 40,8% em relação ao ano anterior (ABIEC, 2023).

Em relação ao número total de abates de bovinos, o Brasil registrou um aumento de 5,28%, totalizando 42,31 milhões de cabeças. Além do incremento na quantidade de abates, observou-se também uma redução no percentual de bois terminados com mais de 36 meses, passando de 11,3% em 2021 para 9,9% em 2022 (ABIEC, 2023).

O Brasil é o maior exportador de carne bovina do mundo, tendo o maior número de cabeças e quantidade de carne produzida (USDA, 2021; ABIEC, 2023). Os principais destinos dessas exportações são China, Hong Kong, Egito e Chile, com destaque para as exportações para a China, que quadruplicaram entre 2010 e 2020 (MDIC, 2021). A tabela 1 apresenta os dez maiores exportadores de carne bovina mundial em 2022.

Tabela 1. Dez maiores exportadores de carne bovina mundial em 2022.

País	Exportações (1000 tec*)	Produção (1000 tec*)	Importação (1000 tec*)
Brasil	3.018,0	10.793,6	80,6
EUA	1.730,6	12.862,7	1.527,1
Austrália	1.369,4	2.115,3	20,1
Índia	1.222,7	2.910,8	0,0
Argentina	916,2	3.108,0	7,3
Países baixos	684,3	447,2	484,2
Polônia	671,9	577,3	46,1
Nova Zelândia	647,0	703,1	10,2
Canadá	611,1	1.467,2	224,0
Irlanda	600,6	653,7	43,1

*Tec- toneladas equivalentes a carcaça. Fonte: Adaptado de ABIEC, 2023.

Os principais estados produtores são Santa Catarina, São Paulo, Rio Grande do Sul, Pará e Mato Grosso do Sul. O conjunto de exportações desses estados corresponde a 96,8% de todas as exportações brasileiras, evidenciando sua alta representatividade (MDIC, 2021; SANTOS et al., 2022). Os estados de Mato Grosso, Goiás e Minas Gerais mantiveram suas posições como os três maiores produtores de gado, e juntos representam mais de 35% do rebanho bovino do Brasil. Mato Grosso e Goiás se destacam como os maiores fornecedores para abate e os dois principais exportadores de carne bovina (USDA, 2021; SANTOS et al., 2022).

No Brasil, a alta produtividade bovina está intrinsecamente ligada ao uso estratégico do milho na alimentação do gado, contribuindo para eficiência e qualidade na produção pecuária. Por muitos anos o milho tem se destacado como a fonte de energia econômica e disponível na alimentação de bovinos. No entanto, a competição com a indústria do etanol tem gerado um aumento sem precedentes nos custos da alimentação. Com isso, a indústria vem buscando alternativas para reduzir esses custos com a inclusão de alimentos alternativos na dieta, nesse sentido o DDGS (grãos secos de destilaria com solúveis) vem ganhando destaque (MUMM et al., 2014).

2.2 PRODUÇÃO DE ETANOL E SEUS COPRODUTOS

A principal matéria prima para produção de etanol na América do Norte é o milho, mas outros produtos podem ser utilizados como o sorgo, trigo e cevada. No Brasil a principal fonte é a cana de açúcar, porém esse cenário vem se alterando devido a dois fatores principais, como o aumento da produção e produtividade do milho resultando em um progresso tecnológico mais eficiente e vantagens encontradas na integração de cana de açúcar e milho (BUENAVISTA; SILIVERU; ZHENGB, 2021; SILVA, 2022).

Outro fator relevante é o ciclo produtivo, enquanto a cana de açúcar demanda 12 a 18 meses em seu ciclo, o milho possui um ciclo mais curto em torno de 4 meses, o rendimento de etanol por tonelada varia, sendo aproximadamente 400-420 litros para o milho e de 70-90 para a cana de açúcar. Já o rendimento por hectare é de 2,5 mil a 3,5 mil litros para o milho e de 7 a 8 mil litros para cana de açúcar (SCOT CONSULTORIA, 2023).

Para conversão do milho em etanol há dois processos, moagem a seco (sem fracionamento do milho) e moagem úmida (fracionamento em gérmen, fibra e amido). O processo de moagem a seco é predominante por ser mais eficiente na produção do etanol

e é necessário um menor investimento (MOSIER; ILELEJI, 2020; MOHAMMADI SHAD; VENKITASAMY; LAMSAL, 2021). Embora seja necessário um investimento maior para o processo de moagem úmida, produtos diversos podem ser produzidos neste processo, incluindo xarope de milho rico em frutose, plásticos biodegradáveis, ácido cítrico, goma xantana, óleo de milho e ração animal (MOSIER; ILELEJI, 2020).

2.2.1 MOAGEM A SECO

Nesse processo os grãos de milho são submetidos a moagem em moinho de martelo para redução do tamanho das partículas a fim de maximizar o rendimento do etanol devido à maior acessibilidade dos microrganismos e enzimas aos nutrientes e facilitar a penetração da água na etapa de cozimento (ZENG et al., 2007; KIM et al., 2008). Posteriormente é adicionado água onde a mistura é cozida a 40-60°C no tanque de pré mistura e 90-165°C para cozimento, nesse processo é adicionado enzimas amilolíticas para hidrólise do amido (VOHRA et al., 2014).

Em seguida, o mosto é passado para a câmara de liquefação regulada para 80-90°C e retido por 30 minutos. Em seguida será transferido para as etapas de sacarificação e fermentação, onde são adicionados glucoamilase para decomposição das dextrinas em mono ou dissacarídeos e levedura para fermentação dos sacarídeos em etanol. Após a fermentação o CO₂ é recolhido ou liberado na atmosfera. O etanol também é destilado, recuperado e purificado com um sistema de peneira molecular para remover a água usando tecnologia de adsorção. Após a purificação, o etanol combustível é produzido misturando etanol com uma pequena quantidade de gasolina (ROSENTRATER, 2011).

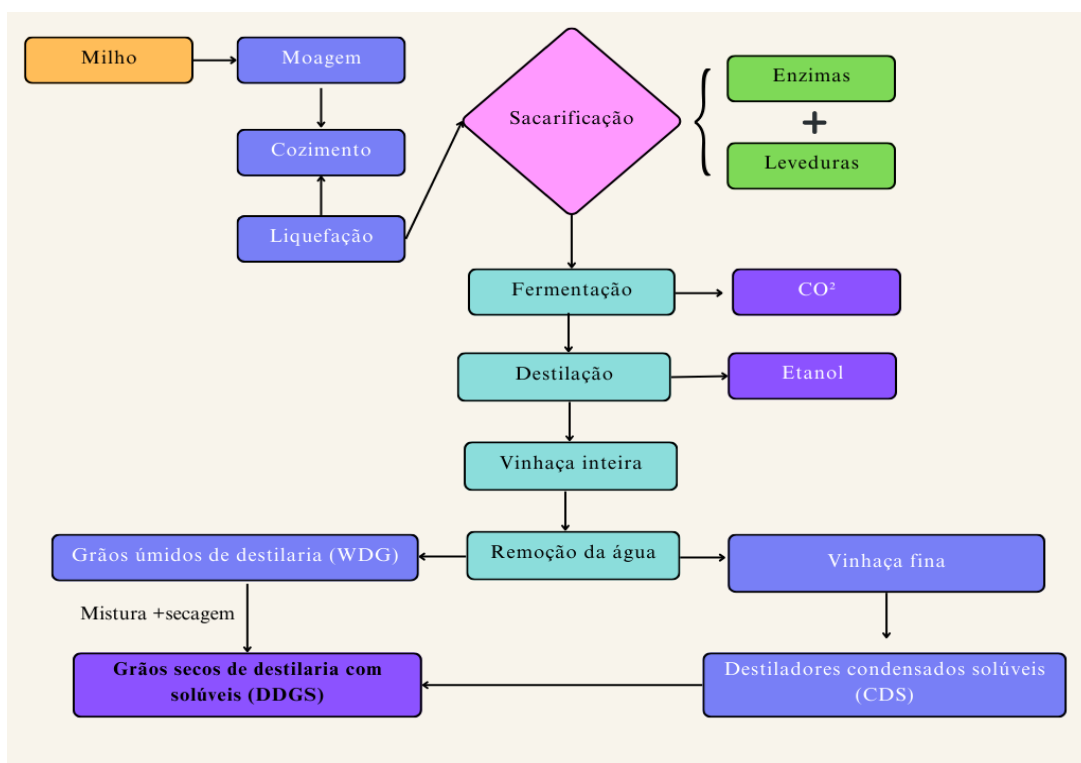


Figura 1. Etapas envolvidas no processo de produção de etanol de milho moído a seco.
Fonte: Adaptado de Mohammadi Shad; Venkitasamy; Lamsal, 2021.

A fibra, água, óleo, proteína e outros componentes não fermentáveis do grão e as células de levedura que permaneceram após a destilação do etanol são chamadas de vinhaça inteira. Essa mistura geralmente é centrifugada para separar os sólidos (grão úmido de destilaria- WDG) do líquido (vinhaça fina), este último é reciclado e utilizado no início do processo para fazer uma pasta do grão moído. A vinhaça fina restante é concentrada através de evaporadores para remover umidade adicional e produzir solúveis condensados de destilaria (CDS), conhecido como “xarope de milho” (KIM et al., 2008).

A mistura do CDS com o WDG dará origem aos grãos úmidos de destilaria com solúveis (WDGS), que quando secos produzem os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), este tem aproximadamente 12% de umidade (KWIATKOWSKI et al., 2006).

2.3 GRÃOS SECOS DE DESTILARIA COM SOLÚVEIS

Nos EUA o processo de moagem úmida é responsável por 10% da produção de etanol, nesse processo estão envolvidos vários fluxos e subprodutos são gerados devido ao fracionamento do milho em gérmen, fibra, proteína e amido. Esse processo é chamado de moagem úmida, pois a primeira etapa desse processo é a imersão dos grãos em água

para amolecê-los e obter um melhor fracionamento dos componentes (MOSIER; ILELEJI, 2020).

As usinas de moagem úmida geram grandes volumes de etanol, esse sistema exige equipamentos e alto capital de investimento. Os subprodutos derivados do processamento, como o glúten de milho úmido ou seco, farelo de glúten de milho e de gérmen de milho e o óleo bruto de milho, desempenham um papel importante na economia da produção de etanol. Esses desempenham um papel econômico importante por serem comercializados auxiliando a compensar os custos de produção (RAUSCH; BELYEA, 2006). As etapas envolvidas na moagem úmida são explicadas na figura 2.

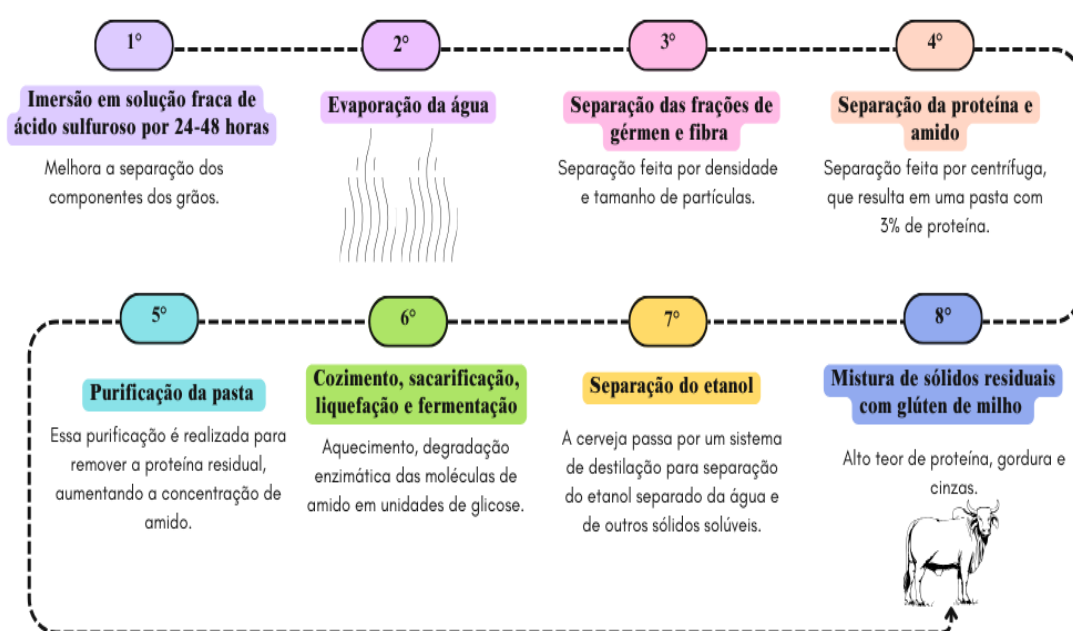


Figura 2. Fluxograma do processo de moagem úmida. Fonte: Adaptado de Mohammadi Shad; Venkitasamy; Lamsal, 2021.

2.4 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DO DDGS

O DDGS tem sua composição e valor nutricional influenciados pela fonte da matéria-prima, pelas instalações de produção e pelo procedimento de fabricação. Portanto, não há um perfil nutricional padrão para o DDGS. A variabilidade no teor de nutrientes ocorre não apenas entre diferentes tipos de grãos, mas também dentro do mesmo tipo de grão. Isso pode ser atribuído à segregação de partículas durante o manuseio do grão, à qualidade da matéria-prima, ao método e eficiência de secagem, bem como à tecnologia e condições de processamento (BELYEA et al., 2010; LIU, 2011). A Tabela 2

apresenta composição nutricional do DDGS proveniente de diversas fontes de grãos, incluindo milho, trigo, cevada e sorgo.

Tabela 2. Composição nutricional do DDGS proveniente de diversos grãos.

Composição nutricional	Fonte de grãos (% com base na matéria seca)			
	Milho	Trigo	Cevada	Sorgo
Proteína bruta	30,1	36,2	15,4	32,0
PNDR ¹	55,0	37,2	49,0	55,0
EL ² manutenção (Mcal/Kg)	2,07	2,18	1,87	2,11
EL ² ganho (Mcal/Kg)	1,41	1,50	1,24	1,39
FDN ³	41,5	41,4	74,3	46,0
FDA ⁴	16,1	17,3	31,1	28,4
Extrato etéreo	10,7	6,7	6,0	11,5
Cinzas	5,2	5,4	4,2	3,6
Cálcio	0,22	0,30	-*	0,10
Fósforo	0,83	1,05	-	0,84
Magnésio	0,33	0,60	-	-
Potássio	1,1	1,7	-	-
Sódio	0,30	0,23	-	-
Enxofre	0,44	0,57	-	-

¹PNDR- proteína não degradada no rúmen; ² Energia líquida; ³Fibra em detergente neutro; ⁴Fibra em detergente ácido; * Não relatado. Fonte: Adaptado de Schingoethe, 2006.

Observa-se que o DDGS do trigo tem uma maior quantidade de proteína bruta e menor de proteína não degradável no rúmen, o inverso ocorre com a cevada. O milho tem maior quantidade de PNDR e cinzas, enquanto isso, a cevada possui maior FDN e FDA. Em contrapartida, o sorgo possui uma maior quantidade de extrato etéreo e proteína não degradável. Em relação a energia líquida de manutenção e ganho os grãos apresentam valores semelhantes entre si.

O DDGS derivado do milho é extensivamente empregado, sendo essencial compreender sua composição para otimizar seu potencial. A Tabela 3 apresenta a composição nutricional do DDGS de milho, com dados compilados a partir de diversos estudos publicados ao longo de 2006-2018.

Tabela 3. Composição nutricional do DDGS de milho com dados publicados ao longo dos anos 2006-2018.

Componente nutricional	Ano						
	2006	2007	2009	2012	2013	2016	2018
EB ¹	5422	5434	5593	5420	4996	4805	5049
ED ²	3556	4140	4072	4029	3635	-	-
EM ³	-	3897	-	3790	3435	-	-
Matéria seca	88,90	87,60	89,30	89,10	87,00	90,84	-
Proteína bruta	31,00	32,20	31,60	31,30	30,60	30,08	29,11
Extrato etéreo	-	11,70	13,20	11,40	10,60	9,00	11,12
Amido	7,30	8,20	-	4,30	1,90	-	-
Cinzas	-	4,40	-	4,50	4,90	1,95	6,07
Fibra bruta	-	-	-	7,80	-	9,25	8,84
FDN ⁴	45,20	27,60	40,10	40,40	36,60	53,50	37,08
FDA ⁵	12,20	11,60	15,50	12,10	12,40	12,53	13,53
Hemicelulose	32,00	16,00	24,50	26,80	24,20	-	8,84

¹Energia bruta (kcal/kg MS); ²Energia digestível; ³Energia metabolizável; ⁴ Fibra em detergente neutro; ⁵ Fibra em detergente ácido; “-” dado não relatado. Fonte: Adaptado de Buenavista; Siliveru; Zheng, 2021.

Dentre esses componentes, pode-se observar que a energia bruta do DDGS em 2013 teve uma evidente diminuição de cerca de 424 kcal/kg MS (matéria seca) em relação ao DDGS em 2012 e permaneceu em nível de energia semelhante até 2018, o que provavelmente é devido a extração do óleo (BUENAVISTA; SILIVERU; ZHENG, 2021). Apresentam teor de matéria seca em torno de 88,79%, proteína bruta 30,84%, extrato etéreo 11,17%, fibra em detergente neutro e ácido em torno de 40,06% e 12,83%, respectivamente.

O DDGS proveniente do milho possui coloração amarelo claro a marrom escuro, a cor marrom escura pode estar associada ao aumento dos níveis de CDS adicionado ao WDG, aumentando o conteúdo de energia, lipídios e minerais, mas também pode estar associado ao superaquecimento durante o processo de secagem, reduzindo a digestibilidade da lisina (FILIPE et al., 2023).

São encontrados altos níveis de ácidos graxos insaturados no DDGS de milho. Os ácidos linoléico, oléico e palmítico são os ácidos graxos mais abundantes, representando

cerca de 89% do total de ácidos graxos em DDGS. Embora o alto teor de ácidos linoléico e oléico como ácidos graxos insaturados contribua para o alto valor energético do DDGS, causa uma suscetibilidade do óleo à oxidação (WINKLER-MOSER; BREYER, 2011).

Um estudo comparativo conduzido por Três, Heenan, Van Ruth (2014) analisou o perfil de ácidos graxos do DDGS de milho e trigo. Os resultados indicaram que o milho possui teores mais elevados de ácido oléico, esteárico e araquidônico, enquanto o DDGS de trigo apresenta ácidos monoinsaturados das famílias n-6 e n-3, incluindo ácido linoleico e ácido linolênico.

Os compostos fenólicos são os principais antioxidantes no milho, contribuindo com cerca de 80% da sua capacidade antioxidante. Os compostos fenólicos do milho são concentrados no DDGS cerca de três vezes a mais. Além disso, o DDGS exibe uma concentração superior de xantofila luteína, tocoferóis e tocotrienóis (antioxidantes lipossolúveis) em comparação com o milho. Esses antioxidantes presentes nos DDGS desempenham um papel fundamental na prevenção de reações oxidativas durante o armazenamento, o que influencia significativamente a vida útil desses produtos na alimentação animal (LUTHRIA; LIU; MEMON, 2012; MOHAMMADI SHAD; VENKITASAMY; LAMSAL, 2021).

2.5 DDGS NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

A crescente produção de etanol a partir do milho resultou em um interesse por parte dos pesquisadores e produtores em busca de alimentos alternativos em utilizar seus coprodutos. Os grãos secos de destilaria com solúveis, são uma excelente fonte de energia e proteína para bovinos, porém como cerca de dois terços do milho é composto por amido, que é fermentado para produção de etanol, a concentração dos demais nutrientes no DDGS, como proteína, fibra, gordura e fósforo, aumenta três vezes em comparação ao milho (KLOPFENSTEIN; ERICKSON; BREMER, 2008).

O uso de DDGS em dietas para bovinos tem sido uma forma de fortalecer a sustentabilidade econômica das usinas de etanol. Entretanto, a alta concentração de fibras faz com que o uso desses produtos seja limitado, principalmente em dietas para ruminantes. Além disso, a variabilidade na composição que leva à formulação imprecisa da dieta e aos altos custos de remoção de água precisa ser abordada e resolvida (FILIPE et al., 2023).

Um estudo realizado por Nuñez et al. (2015), avaliando o desempenho de bovinos Angus x Simental alimentados com dieta à base de DDGS (60%) na fase de crescimento

e a base de milho na fase de terminação, em comparação a alimentação com milho durante todo o período observaram que dietas com DDGS afeta negativamente o desempenho no período inicial de confinamento, no entanto, quando a dieta de terminação é ofertada há um ganho compensatório. Além disso, as maiores proporções de energia de manutenção e ganho indicaram que a dieta com DDGS/milho foi utilizada de forma mais eficiente.

Os autores concluem que aumentar o DDGS nas dietas de bovinos em crescimento e depois mudar para uma dieta de terminação à base de milho é uma estratégia nutricional que pode ser usada para diminuir os custos de alimentação e reduzir a dependência dos produtores de carne bovina do grão de milho quando os preços do milho estão elevados.

Estudos demonstram que incluir mais de 30% de DDGS pode afetar negativamente o crescimento, eficiência alimentar, qualidade de carcaça e excreção de nutrientes (FELIX; LOERCH, 2011; FELIX et al., 2012; SCHOONMAKER; CLAEYS; LEMENAGER, 2013).

Uma meta-análise realizada por Griffin et al. (2012), avaliando o desempenho de bovinos suplementados com DDGS em dietas à base de pastagem relatam que bovinos em condições de pastejo e confinamento tiveram um maior ganho médio diário e consequentemente peso corporal final.

Fonseca et al. (2020), avaliou a caracterização nutricional do DDGS de milho e sorgo e os efeitos da substituição da fonte proteica convencional pelo DDGS em novilhos nelore em terminação relataram que seu uso não interferiu no consumo alimentar e na digestibilidade dos nutrientes, podendo ser utilizado como substituto das fontes proteicas tradicionais, no entanto, a composição bromatológica deste é influenciada durante o processamento sendo ideal que se faça uma análise a cada lote adquirido.

O metano (CH_4) entérico é uma grande preocupação na pecuária de corte, dessa forma estratégias para mitigar a produção de CH_4 . Estudo de Hünnerberg et al. (2013), mostram que a substituição da mistura de grãos de cevada e farinha de canola por DDGS em uma dieta rica em forragem diminuiu as emissões entéricas de CH_4 de bovinos de corte de 7,8% para 6,6%.

HOFFMANN et al. (2021) avaliando o efeito da substituição de fontes convencionais de proteína por DDGS na dieta de bovinos nelores jovens relatam que a suplementação reduziu significativamente as emissões de CH_4 (20%), para GMD houve uma melhora de 31%, dessa forma os autores concluíram que o DDGS de milho substitui o farelo de algodão durante a fase de cria.

A utilização de DDGS na dieta de bovinos possui efeito nos parâmetros de qualidade da carne, tornando mais palatável, macia e com uma intensidade de sabor ligeiramente melhor (ALDAI et al., 2010).

O DDGS é rico em ácidos graxos insaturados, influenciando nas características de carcaça. Estudos realizados por Depenbusch et al. (2009) avaliando a inclusão de DDGS na dieta de novilhas observaram uma maior concentração de ácidos graxos linoleicos, ômega 6 e ácidos graxos poli-insaturados (PUFA), porém não houve efeito na rancidez oxidativa da carne.

No entanto, Koger et al. (2010) analisando a inclusão de DDGS na dieta de bovinos relataram que houve um aumento na concentração de ácidos graxos poli-insaturados (PUFA) resultando em uma maior susceptibilidade a rancidez oxidativa.

Durante o processamento do etanol ocorre a adição de ácido sulfúrico para manter os níveis de pH promovendo um aumento na concentração de enxofre no DDGS que pode variar entre 0,33 a 0,74%, algumas dietas podem exceder a concentração máxima tolerável (0,5%), podendo influenciar negativamente nos parâmetros reprodutivos masculinos (BUCKNER et al., 2011; DREWNOSKI; POGGE; HANSEN, 2014).

Estudo realizado por Kassetas et al. (2021), avaliando o efeito do DDGS nos parâmetros reprodutivos de touros com um ano de idade relatam que houve alterações nas populações de espermatozóides móveis e um aumento da atividade da glutathione peroxidase (GPx) no plasma seminal com uma diminuição na concentração de triiodotironina (T3) indicando que os touros que foram alimentados com DDGS podem ter utilizado mais T3 para produção de GPx em resposta ao estresse oxidativo. Esses achados indicam que o enxofre não seria o único fator, outros fatores do DDGS como o nitrogênio, amido e gordura podem ser considerados.

2.6 ENTRAVES DO USO DE DDGS NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS DE CORTE

A eficácia da produção de etanol influencia a qualidade do DDGS. No processo de moagem a seco, os primeiros passos envolvem triturar os grãos de milho, misturar água e enzimas às partículas trituradas. A granulometria será influenciada por fatores tais como o equipamento de moagem utilizado, a nitidez das lâminas, a presença de corpos estranhos no lote, o tamanho da tela ou malha, o mecanismo de movimentação da moagem e o teor de umidade. Desse modo, uma alteração na granulometria dos grãos irá

desempenhar um papel crucial na hidrólise e fermentação do amido (BELYEA et al., 2010).

A composição nutricional da matéria-prima exerce influência direta sobre o teor de nutrientes do DDGS, pois durante o processo de fermentação do milho para a produção de etanol, os nutrientes são concentrados no DDGS em uma proporção de aproximadamente 2 a 3 vezes maior, aumentando significativamente a variabilidade nutricional entre diferentes fontes de DDGS (SALIM; KRUK; LEE, 2010).

No processo de produção de etanol, é comum a adição de enxofre para ajustar o pH, resultando em um alto teor no DDGS, em ruminantes esse atua como substrato maximizando a síntese microbiana, no entanto, foram observadas alterações nos padrões comportamentais e sinais de depressão em bovinos que foram alimentados com cerca de 60% de DDGS, isso pode ser ao nível de enxofre ultrapassando sua tolerância máxima (NUEZ ORTÍN; YU, 2009).

A extração do óleo pode variar consideravelmente entre diferentes tipos de grãos, resultando em uma variabilidade nos nutrientes presentes nos DDGS. O DDGS convencional e o de baixo teor de óleo apresentam composições nutricionais diferentes, contudo o DDGS com baixo teor de óleo apresenta uma redução da energia digestível e metabolizável, enquanto há um aumento no teor de proteína. Outro fator que causa variação na biodisponibilidade de aminoácidos é o processo de secagem, pois diferentes tecnologias de secagem resultam em perfis aminoácidos variados (IRAM; CEKMECELIOGLU; DEMIRCI, 2020)

Outro fator importante é a segurança alimentar, um estudo realizado por Khatibi et al. (2014) avaliando amostras de DDGS coletados de diferentes usinas de etanol observou que as amostras apresentavam baixas concentrações de diferentes micotoxinas (deoxinivalenol (DON), 15-acetildeoxinivalenol (15-ADON), 3-acetildeoxinivalenol (3-ADON), nivalenol (NIV) e zearalenona (ZON)).

Zhang et al. (2009) avaliaram 235 amostras de DDGS provenientes dos EUA continham baixos níveis de aflatoxinas e DON que não excediam o padrão da Food and Drug Administration (FDA), além disso foi constatado que somente 10% das amostras continham níveis de fumonisinas superior ao recomendado para equinos e coelhos, o restante das amostras continha valores inferiores ao recomendado pela FDA. Embora estudos anteriores tenham demonstrado níveis baixos de micotoxinas, isso deve ser um fator relevante, devido a possibilidade de contaminação, visto que a concentração de

micotoxinas pode triplicar durante o processamento do milho em DDGS (NIPHADKAR; BAGADE; AHMED, 2018).

3. CONSIDERAÇÃO FINAL

Os grãos secos de destilaria com solúveis (DDGS), são ricos em energia, proteínas, gorduras, minerais, sua utilização na dieta de bovinos de corte pode proporcionar benefícios significativos, como melhora no desempenho podendo reduzir os custos de produção. No entanto, a utilização de DDGS na alimentação de bovinos de corte também apresenta alguns entraves, havendo a necessidade de estudos que minimizem seus efeitos.

Portanto, é fundamental considerar cuidadosamente os benefícios e desafios associados ao uso de DDGS na alimentação de bovinos de corte, adotando estratégias de manejo de forma a maximizar os benefícios nutricionais, ao mesmo tempo em que são minimizados os possíveis impactos adversos na saúde e desempenho dos animais.

REFERÊNCIAS

ABIEC. Beef report- Perfil da pecuária no Brasil. 2023. Disponível em: <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023/> .

AHERN, N. Ann et al. Comparison of wet and dry distillers grains plus solubles to corn as an energy source in forage-based diets. **The Professional Animal Scientist**, v. 32, n. 6, p. 758-767, 2016.

ALDAI, N. et al. Comparison of wheat-versus corn-based dried distillers' grains with solubles on meat quality of feedlot cattle. **Meat Science**, v. 84, n. 3, p. 569-577, 2010.

BELYEA, R. L. et al. Sources of variation in composition of DDGS. **Animal feed science and technology**, v. 159, n. 3-4, p. 122-130, 2010.

BUCKNER, C. D. et al. Nutrient variability for distillers grains plus solubles and dry matter determination of ethanol by-products. **The Professional Animal Scientist**, v. 27, n. 1, p. 57-64, 2011.

BUENAVISTA, R. M. E.; SILIVERU, K.; ZHENG, Y. Utilization of distiller's dried grains with solubles: A review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 5, p. 100195, 2021.

DEPENBUSCH, B. E. et al. Effects of increasing levels of dried corn distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of yearling heifers. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 8, p. 2653-2663, 2009.

DREWNOSKI, M. E.; POGGE, D. J.; HANSEN, S. L. High-sulfur in beef cattle diets: a review. **Journal of animal science**, v. 92, n. 9, p. 3763-3780, 2014.

FELIX, T. L. et al. Effects of increasing dried distillers grains with solubles on performance, carcass characteristics, and digestibility of feedlot lambs. **Journal of animal science**, v. 90, n. 4, p. 1356-1363, 2012.

FELIX, T. L.; LOERCH, S. C. Effects of haylage and monensin supplementation on performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism of feedlot cattle fed diets containing 60% dried distillers grains. **Journal of animal science**, v. 89, n. 8, p. 2614-2623, 2011.

FILIPE, D. et al. Solid-state fermentation of Distiller's dried grains with Solubles improves digestibility for European seabass (*Dicentrarchus labrax*) juveniles. **Fishes**, v. 8, n. 2, p. 90, 2023.

FONSECA, N. V. B. et al. Characterization and effects of DDG on the intake and digestibility of finishing bulls in feedlots. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 43, p. e51877, 2020.

GRIFFIN, W. A. et al. A meta-analysis evaluation of supplementing dried distillers grains plus solubles to cattle consuming forage-based diets. **The Professional Animal Scientist**, v. 28, n. 3, p. 306-312, 2012.

HOFFMANN, A. et al. Effects of supplementation with corn distillers' dried grains on animal performance, nitrogen balance, and enteric CH₄ emissions of young Nellore bulls fed a high-tropical forage diet. **Animal**, v. 15, n. 3, p. 100155, 2021.

HÜNERBERG, M. et al. Effect of dried distillers grains plus solubles on enteric methane emissions and nitrogen excretion from growing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 6, p. 2846-2857, 2013.

IRAM, A.; CEKMECELIOGLU, D.; DEMIRCI, A. Distillers' dried grains with solubles (DDGS) and its potential as fermentation feedstock. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 104, p. 6115-6128, 2020.

JOLLY-BREITHAUPT, M. L. et al. Finishing performance and diet digestibility for feedlot steers fed corn distillers grains plus solubles and distillers solubles with and without oil extraction. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 5, p. 1996-2011, 2018.

KASSETAS, C. J. et al. Effects of feeding 60% dried corn distillers grains plus solubles or the equivalent sulfur as CaSO₄ on performance and reproductive traits of yearling Angus bulls. **Theriogenology**, v. 162, p. 6-14, 2021.

KHATIBI, P. A. et al. Survey of mycotoxins in corn distillers' dried grains with solubles from seventy-eight ethanol plants in twelve states in the US in 2011. **Toxins**, v. 6, n. 4, p. 1155-1168, 2014.

KIM, Y. et al. Enzyme hydrolysis and ethanol fermentation of liquid hot water and AFEX pretreated distillers' grains at high-solids loadings. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 12, p. 5206-5215, 2008.

KLOPFENSTEIN, T. J.; ERICKSON, G. E.; BREMER, V. R. BOARD-INVITED REVIEW: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. **Journal of animal science**, v. 86, n. 5, p. 1223-1231, 2008.

KOGER, T. J. et al. Influence of feeding various quantities of wet and dry distillers grains to finishing steers on carcass characteristics, meat quality, retail-case life of ground beef, and fatty acid profile of longissimus muscle. **Journal of animal science**, v. 88, n. 10, p. 3399-3408, 2010.

KWIATKOWSKI, J. R. et al. Modeling the process and costs of fuel ethanol production by the corn dry-grind process. **Industrial crops and products**, v. 23, n. 3, p. 288-296, 2006.

LIU, K. S. Chemical composition of distillers grains, a review. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 5, p. 1508-1526, 2011.

LUTHRIA, D. L.; LIU, K.; MEMON, A. A. Phenolic acids and antioxidant capacity of distillers dried grains with solubles (DDGS) as compared with corn. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 89, p. 1297-1304, 2012.

MDIC- Ministério do Desenvolvimento, Indústria, Comércio e Serviços. Carne bovina fresca, refrigerada ou congelada. 2021. Disponível em: <http://comexstat.mdic.gov.br/pt/home>

MOHAMMADI SHAD, Z.; VENKITASAMY, C.; LAMSAL, B. Front-end corn germ separation: Process variations and effects on downstream products recovery and quality. **Cereal Chemistry**, v. 98, n. 2, p. 189-211, 2021.

MOSIER, N. S.; ILELEJI, K. E. How fuel ethanol is made from corn. In: **Bioenergy**. Academic Press, p. 539-544, 2020.

MUMM, R. H. et al. 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. **Biotechnology for biofuels**, v. 7, p. 1-17, 2014.

NIPHADKAR, S.; BAGADE, P.; AHMED, S. Bioethanol production: insight into past, present and future perspectives. **Biofuels**, v. 9, n. 2, p. 229-238, 2018.

NUEZ ORTÍN, W. G.; YU, P. Nutrient variation and availability of wheat DDGS, corn DDGS and blend DDGS from bioethanol plants. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 89, n. 10, p. 1754-1761, 2009.

NUÑEZ, A. J. C. et al. Effect of dried distillers grains with solubles or corn in growing cattle diets, followed by a corn-based finishing diet, on performance of feedlot cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v. 207, p. 267-273, 2015.

RAUSCH, K. D.; BELYEA, R. L. The future of coproducts from corn processing. **Applied biochemistry and biotechnology**, v. 128, p. 47-86, 2006.

RAY, R. C.; RAMACHANDRAN, S. **Bioethanol production from food crops: sustainable sources, interventions, and challenges**. Academic Press, 2018.

REIS, V. A. 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.

ROSENTRATER, K. A. Overview of corn-based fuel ethanol coproducts: production and use. **Biofuel's Engineering Process Technology. Rijeka, Croatia: InTech**, p. 141-166, 2011.

SALIM, H. M.; KRUK, Z. A.; LEE, B. D. Nutritive value of corn distillers dried grains with solubles as an ingredient of poultry diets: A review. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, n. 3, p. 411-432, 2010.

SANTOS, P. S. et al. Cenários futuros para a produção de bovinos de corte no Brasil. **COLÓQUIO-Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 19, n. 1, jan/mar, p. 148-168, 2022.

SCHINGOETHE, D. J. Utilization of DDGS by cattle. In: 27° Western Nutrition Conference, Winnipeg, Manitoba, Canadá, 2006.

SCHOONMAKER, J. P.; CLAEYS, M. C.; LEMENAGER, R. P. Effect of increasing distillers grains inclusion on performance and carcass characteristics of early-weaned steers. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 4, p. 1784-1790, 2013.

SCOT CONSULTORIA. DDG E WDG. Análise conjuntural do mercado em junho de 2023. Informativo, v. 3, n. 64. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.scotconsultoria.com.br/Relatorio_DDG/240207_Rel_DDG_71.pdf.

SILVA, L. F. P. et al. Using the natural abundance of nitrogen isotopes to identify cattle with greater efficiency in protein-limiting diets. **Animal**, v. 16, p. 100551, 2022.

TRES, A.; HEENAN, S. P.; VAN RUTH, S. Authentication of dried distilled grain with solubles (DDGS) by fatty acid and volatile profiling. **LWT-Food Science and Technology**, v. 59, n. 1, p. 215-221, 2014.

UNEM- União Nacional de Etanol de Milho. Projeções na produção de Etanol. 2023. Disponível em: <https://etanoldemilho.com.br/home/releases/>.

US Department of Agriculture, Economic Research Service (USDA ERS) (2017). Feed Outlook, January 17, 2017. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/publications/pub-details/?pubid=82089>.

USDA. Livestock and Products Animal. Report Number: BR2021-0032. 2021. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/Report/DownloadReportByFileName?fileName=Livestock%20and%20Products%20Annual_Brasilia_Brazil_08-15-2021.pdf

VOHRA, M. et al. Bioethanol production: Feedstock and current technologies. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 2, n. 1, p. 573-584, 2014.

WINKLER-MOSER, J. K.; BREYER, L. Composition and oxidative stability of crude oil extracts of corn germ and distillers grains. **Industrial crops and products**, v. 33, n. 3, p. 572-578, 2011.

ZENG, M. et al. Microscopic examination of changes of plant cell structure in corn stover due to hot water pretreatment and enzymatic hydrolysis. **Biotechnology and bioengineering**, v. 97, n. 2, p. 265-278, 2007.

ZHANG, Y. et al. The occurrence and concentration of mycotoxins in US distillers dried grains with solubles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, n. 20, p. 9828-9837, 2009.