Coprodutos da indústria de etanol de milho na alimentação de ruminantes

Isabela Carvalho Costa^{1*}, Frederico Guimarães Barata², Ana Luiza Moreira Silva³,
Luana Rodrigues Resende³, Mariana Alburquerque Gouvêa³, Janaina de Paula Rodrigues³,
Jonathan Villaza Oliveira³, Alexandre Ferreira Gabriel⁴, Arthur Alves Silva²

¹Mestranda em Nutrição Animal-Departamento Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais EV UFMG, Belo Horizonte – MG, Brasil

²Doutorando em Nutrição Animal-Departamento Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais EV UFMG, Belo Horizonte – MG, Brasil

³Graduando Medicina Veterinária-Departamento Zootecnia, Universidade Federal de Minas Gerais EV UFMG, Belo Horizonte – MG, Brasil

⁴Graduando Medicina Veterinária - Centro Universitário de Belo Horizonte UNIBH, Belo Horizonte – MG, Brasil

*Autor para correspondência, E-mail: isabelacarvalhocosta@hotmail.com

RESUMO. A crescente produção de milho vem batendo recordes a cada safra, sendo o Brasil uma das maiores potências na produção do grão, demonstrando sua capacidade produtiva perante o mercado global. Assim novas tecnologias estão surgindo no setor agrário a fim de maximizar a utilização desse alimento principalmente na entressafra, na forma de etanol de milho ou de seus coprodutos grãos secos e úmidos de destilaria (DDGS e WDGS respectivamente). Dessa forma a utilização desses coprodutos na alimentação animal tem sido bastante estudada, já que os mesmos apresentam bons valores nutricionais atendendo a demanda tanto de bovinos de corte quanto de leite.

Palavras chaves: Grãos secos destilaria, pecuária, concentrado proteico

Co-product from industry of corn ethanol in the food of ruminants

ABSTRACT. Growing corn production has been breaking records for each crop, with Brazil being one of the major powers in grain production, demonstrating its productive capacity in the global market. Thus new technologies are emerging in the agrarian sector in order to maximize the utilization of this food mainly in the off season, in the form of corn ethanol or its co-product DDGS or WDGS (distillery dry grains and distillery wet grain respectively). Thus, the use of these co-products in animal feed has been well studied, since they have good nutritional values meeting the demand of both beef cattle and milk.

Keywords: Dry grain distillery, livestock, protein concentrate

Coprodutos de la industria de etanol de maíz en la alimentación de rumiantes

RESUMEN. La creciente producción de maíz viene batiendo récords a cada cosecha, siendo Brasil una de las mayores potencias en la producción del grano, demostrando su capacidad productiva ante el mercado global. Las nuevas tecnologías están surgiendo en el sector agrario a fin de maximizar la utilización de ese alimento principalmente en el entresuelo, en forma de etanol de maíz o de su coproducto el DDGS o WDGS (Granos secos de destilería y grano húmedo de destilería respectivamente). De esta forma la utilización de estos coprodutos en la alimentación animal ha sido bastante estudiada, ya que los mismos presentan buenos valores nutricionales atendiendo a la demanda tanto de bovinos de corte y de leche.

Palabras clave: Granos secos destilería, pecuaria, concentrado proteico

Introdução

A crescente produção de milho vem batendo recordes a cada safra. Segundo a USDA o Brasil terá uma produção de 95 milhões de toneladas em 2018, sendo que os estados do Mato Grosso, Paraná, Goiás e a região da Matopiba (Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia) são os maiores produtores. Estes valores demonstram a grande capacidade produtiva de milho no Brasil.

Dessa forma, novas tecnologias estão surgindo a fim de incrementar o setor agrário. Sendo assim, usinas de processamento de cana de açúcar estão se modernizando para processar além dessa, outros produtos sendo denominadas de “usinas flex”, processando a cana de açúcar durante a safra e o milho durante a entre safra para fabricação do etanol. No Brasil ainda são poucas usinas realizando esse processamento, sendo as mesmas localizadas em Goiás e Mato Grosso totalizando três unidades produtoras. Atualmente foi inaugurada em Lucas do Rio Verde a primeira usina a processar apenas o milho na produção do etanol a FS Bioenergia uma junção do Tapajós Participações S/A e o Summit Agricultural Group (FS Bioenergia).

O processo de produção do etanol do milho gera após a remoção do amido um resíduo que contém o restante dos seus componentes concentrados, tais como: proteína, lipídeos e minerais (Veracini et al., 2013), o qual pode ser utilizado na alimentação bovina, tendo a vantagem de ter baixo custo quando comparado às fontes de proteínas normalmente utilizadas na alimentação animal e por não competir com a alimentação humana. Esse produto é o chamado grão seco de destilaria (DDGS) e grão úmido de destilaria (WDGS).

Coprodutos do etanol de milho correspondem a 30% do grão empregado na produção de etanol (Fialho & Barbosa, 2008; Spiehs et al., 2002). Comumente utilizados em confinamentos em pecuária de corte e leite, podem ser utilizados em sistemas intensivos de pastagens. Além da bovinocultura, coproduto de destilaria, em especial o seco, já tem sido incluído como alimento na dieta de aves e suínos (Abousekken, 2014; Li et al., 2012b).

Processamento do grão na destiladora

Para produção do etanol, todo o grão é moído e fermentado para converter a maioria do amido em etanol e CO₂ (Li et al., 2012a). O grão pode ser processado de duas formas: moagem úmida ou

seca (Singh et al., 2001). O processo de moagem a seco produz grãos (DDG) e seus solúveis de destilaria, e o processo de moagem úmida produz alimentos com glúten de milho. Ao final do processamento estes podem ser comercializados úmidos ou secos com ou sem adição de solúveis. (Erickson et al., 2010; Liu, 2011). O processamento pode ser dividido em quatro etapas: Moagem, cozimento, fermentação e destilação (Erickson et al., 2010).

O primeiro passo na produção do etanol é a redução do tamanho da partícula do milho por moagem a seco em 3 a 5 milímetros de diâmetro. O tamanho da partícula interfere na produtividade, quanto menor for o tamanho maior será a produção de etanol, portanto, as usinas tendem a usar o milho finamente moído para maximizar a produção (U.S. Grains Council, 2012). A moagem a seco é considerada menos complexa e onerosa quando comparada com a moagem úmida por este motivo ela é empregada na maioria das usinas, porém a moagem úmida apresenta melhores resultados na produção do etanol (Erickson et al., 2010).

Ao milho moído é adicionado água e enzimas amilolíticas termooestáveis e este material é cozido em tanques com temperatura entre 90 a 165° C. Este processo tem por objetivo gelatinizar o amido, processo que ocorre a partir de 70° C, a gelatinização do amido é uma etapa essencial na conversão do amido em glicose. Durante o cozimento quase toda a amilose é lixiviada para fora dos grânulos, e a hidrólise completa dos outros polímeros do amido (por exemplo: amilopectina) requer a utilização de enzimas, sendo as mais utilizadas a amilase ou glucoamilase que hidrolisam o amido imediatamente após a gelatinização (U.S. Grains Council, 2012).

Em seguida ocorre a fermentação, a qual é o processo em que as leveduras convertem os açúcares em álcool. A levedura mais utilizada é a *Saccharomyces cerevisiae* (Vohra et al., 2016). Na fermentação ideal cerca de 95% do açúcar é convertido em etanol e dióxido de carbono, 1% é convertido em material celular de levedura e 4% é convertido em outros produtos, tais como glicerol. A fermentação é realizada a uma temperatura de aproximadamente 33° C, pH em cerca de 4,0 e tem duração de 48 a 72 horas (U.S. Grains Council, 2012).

Após a fermentação o etanol é recolhido utilizando-se colunas de destilação. A água e os sólidos remanescentes da destilação do etanol são chamados de vinhoto. Esta mistura é centrifugada e a fase sólida é separada da líquida

grosseiramente. O líquido é denominado resíduo fino de destilaria que posteriormente passa por um evaporador para remover a umidade e este produto resultante é denominado solúveis de destilaria ([U.S. Grains Council, 2012](#)). Segundo [Corrigan et al. \(2009\)](#) os solúveis de destilaria são ricos em proteína, lipídeos, fósforo e enxofre e deficientes em fibra.

A fase sólida contém aproximadamente 35% de matéria seca e pode ser vendida para a alimentação animal sem a secagem, porém para a produção dos grãos secos de destilaria é necessário a secagem deste material. E o último processo para a produção do DDGS é a adição dos neutro (FDN), fibra solúveis de destilaria advindos da evaporação da fase líquida do vinhoto no grão seco de destilaria ([Robinson et al., 2008](#)).

Níveis nutricionais

Após a fabricação do etanol, a concentração dos componentes não fermentáveis incluindo fibra detergente d Ácido f(FDA), Proteína Bruta (PB), Nitrogênio Ligado a FDA (PIDA), Nitrogênio Ligado a FDN (PIDN), Extrato Etéreo (EE) e Fosforo (P) foram considerados maiores, comparado aos grãos originais ([Li et al., 2012](#)). Como o amido do grão é fermentado no processo de fabricação do etanol ([Klopfenstein et al., 2008](#)) o mesmo apresenta teores menores que 70g/kg MS ([Li et al., 2012](#)).

O DDGS tem como característica alto teor de proteína bruta (PB) em média 30% variando de 27% a 35% ([Belyea et al., 1989](#)). As altas variabilidades entre as fontes de DDGS leva também a variação dos aminoácidos nesta fonte proteica. [Belyea et al. \(2004\)](#) analisaram os componentes do milho e DDGS, e observou-se uma relação de lisina e metionina de 0,77 e 0,54 g/100 g respectivamente. [Spiehs et al. \(2002\)](#) avaliaram o nível de nutrientes do DDGS originários de 10 usinas de etanol em Minnesota e Dakota do Sul nos EUA, e descobriram relação lisina e metionina de 0,85% e 0,55%, respectivamente.

Em relação ao teor de FDN o mesmo varia em torno de 34,8% ([Manthey & Anderson 2018](#)). O aumento da concentração de PIDA e PIDN no DDG é causado por temperaturas elevadas durante o processo de secagem. Sendo que a fração de PIDN tem sido usada como um indicador da quantidade de dano por calor e formação do produto Maillard no DDG ([Li et al., 2012](#)).

[Engel et al. \(2008\)](#), assim como o [U.S. Grains Council \(2012\)](#) mensuraram a degradação da proteína do DDGS no rúmen e concluíram que esta tem uma alta porcentagem de proteína não degradada no rúmen (PNDR), entre 47 a 57% de PNDR. Outro fator que pode influenciar na composição bromatológica do DDGS é o nível de inclusão dos solúveis, como exposto na [tabela 1](#) ([Erickson et al., 2010](#)).

Tabela 1. Composição nutricional do DDGS de acordo com a inclusão de solúveis em diferentes quantidades ([Erickson et al., 2010](#)).

	% de solúveis adicionados na MS				
	0	5,4	14,5	19,1	22,1
Matéria seca	96	92	91	90	89
Proteína bruta	32	32	32	31	30
FDN	37	35	32	30	29
Lipídeos	7	9	10	13	13

Quando se aumenta a adição de solúveis no grão seco de destilaria ocorre a redução nas concentrações de proteína bruta, fibra em detergente neutro e aumento na concentração de lipídeos.

Em uma revisão publicada pelo [U.S. Grains Council \(2012\)](#) foram avaliadas as concentrações de todas as possíveis micotoxinas presentes no DDGS, verificou-se que os níveis encontrados foram inferiores aos recomendados pela FDA (Food and Drug Administration). Na tabela 2 pode-se observar a composição bromatológica do DDGS segundo diversos autores.

O DDGS apresenta uma grande variação em sua composição, desta forma se faz necessário a análise bromatológica destes antes do seu uso ([Belyea et al., 1989](#)).

Uso DDGS na alimentação animal

Nos Estados Unidos da América, primeiramente o DDGS foi visto como uma fonte de substituição à proteína no caso a soja, porém na década de 90 houve um aumento na produção de etanol, dessa forma um aumento do coproduto na forma úmida e seca, estimulando o interesse do uso deste coproduto como fonte de energia. ([Klopfenstein et al., 2008](#)).

[Vander Pol et al \(2006\)](#) avaliaram diferentes níveis de inclusão de WDGS em dietas de terminação com 126 dias duração, utilizando novilhos mestiços com peso vivo (PV) médio de 332 ± 10 kg.

Tabela 2. Composição química e bromatológica segundo diferentes autores, valores em porcentagem.

Autores	MS ¹	PB ²	CNF ³	FDN ⁴	Lipídeos	Cálcio	Fosforo	Enxofre
Paz et al. (2013)	90,3	28,2	23,0	31,6	11,7	0,03	0,93	0,99
U.S. Grains Council (2012)	88,0-90,0	25,0-32,0	11,6-26,9	39,0-45,0	8,0- 10,0	0.17-0.26	0.78-1.08	-
Nennich (2013)	-	29,7	16,3	38,8	10,0	-	0,83	0,44
Pezzanite et al. (2010)	-	28,0-32,0	-	37,0-45,0	9,0-12,0	-	0,7-1,3	0,4-0,8
Erickson et al. (2010)	90,4	33,9	-	37,0	12,0	-	0,51	-
Gadberry et al. (2010)	86,4	30,2	-	32,2	12,4	-	-	0,69
Weigel et al. (1997)	90,0	25,0	21,0	44,0	8,0	0,15	0,71	0,33
Makkar (2010)	90,4	33,9	-	-	-	-	0,51	-

¹Matéria seca. ²Proteína bruta em % da matéria seca. ³Carboidrato não fibroso em % da matéria seca, CNF = 100 – (%FDN + % PB + % lipídeos + % cinzas). ⁴Fibra em detergente neutro em % da matéria seca.

Os tratamentos consistiam em um controle 0% e 10%, 20%, 30%, 40% e 50% de inclusão WDGS. Foi incluído feno de alfafa em todos os tratamentos em uma proporção de 5% da MS. O peso de carcaça, consumo matéria seca (CMS) e ganho médio diário (GMD) aumentaram ($P < 0,01$) de forma quadrática com os níveis elevados de inclusão do WDGS sendo o nível de 30% responsável pelos maiores desempenhos. A conversão alimentar (CA) seguiu uma diminuição quadrática ($P < 0,01$) com a inclusão WDGS, sendo que o ponto ótimo foi obtido com inclusão de 40%. O autor encontrou os melhores resultados quando adicionado até 40% do subproduto na dieta total (TMR). Enfatizando que a eficiência alimentar em todos os níveis de WDGS foi maior do que a dieta controle de milho.

[Macaya & Rojas \(2009\)](#) avaliaram a produção de leite e a persistência na produção em 36 vacas Holandesas com quatro níveis de inclusão de DDGS (0, 22, 32, e 42%), a dieta base era composta por milho grão, farelo de soja, casca de soja, mistura mineral e capim de Estrela Africana. Os melhores resultados foram obtidos com o nível de inclusão de 32% de DDGS na matéria seca.

[Nichols et al. \(1998\)](#) também observaram o aumento na produção de leite em vacas Holandesas quando suplementados com 20% inclusão de DDGS na matéria seca no comparativo ao grupo sem inclusão, sendo a dieta basal constituída de feno de alfafa, picada, silagem de milho, milho em grão, cevada, melaço, farelo de soja e ureia e mistura mineral.

Em estudo feito por [Manthey & Anderson \(2018\)](#) utilizando 24 novilhas leiteiras Holandesa e Pardo Suíço com idade 219 ± 2 e peso 230 ± 4 kg, utilizando a base da mistura milho e soja (dieta1) e uma base de DDGS e feno *ad libitum* (dieta 2). Foram ofertados aos animais 0,8% PV, em uma prova de 16 semanas. Não houve

diferença entre tratamentos sobre o consumo de MS e GPD.

No entanto, [Paz et al. \(2013\)](#) não observaram diferença significativa na ingestão de matéria seca, produção de leite e composição do leite quando compararam a dieta sem inclusão com a adição de 10 e 20 % de DDGS na matéria seca da dieta, que era constituída de silagem de milho, silagem de alfafa, feno de alfafa, milho moído, casca de soja, farelo de soja, farinha de sangue e mistura mineral, a única diferença observada foi na porcentagem de proteína do leite, onde o grupo com 20% de inclusão de DDGS apresentou maior concentração.

Em estudo realizado por [Nuñez et al., \(2015\)](#) avaliando o crescimento de bovinos Angus e Simental com PV de $351 \text{ kg} \pm 6,8 \text{ kg}$ alimentados com DDGS, durante 126 dias, sendo a dieta controle baseada na alimentação exclusiva com grãos de milho e a segunda dieta constituída de fornecimento de DDGS de 0 a 70 dias e grãos de milho de 71 a 126 dias. O DDGS na primeira fase dos animais reduziu a GMD e a CMS durante os primeiros 70 dias quando comparados com animais alimentados com dieta controle. Porém após os 70 dias na dieta 2 os animais recuperaram o GP através de ganho compensatório. Assim quando os animais recebem uma dieta energética a base de milho conseguiram boas respostas em desempenho. Os animais que foram tratados com DDGS na fase de crescimento consumiram 336,1 kg de milho total por cabeça a menos que o grupo controle durante todo período de avaliação.

[Salim et al., \(2014\)](#) mensuraram o desempenho e as características de carcaça de bovinos em terminação Angus e Simental sem suplementação ou suplementados com grãos secos de destilaria com solúveis ou grãos úmidos de destilaria com solúveis, sendo a dieta basal composta por milho grão, farelo de soja, ureia, mistura mineral e feno

de alfafa. Os autores observaram que o desempenho e as características de carcaça não foram afetados quando se comparam os grãos secos de destilaria com solúveis com grãos úmidos de destilaria com solúveis. No entanto, o pH do rúmen aumentou linearmente com o aumento da inclusão dos grãos de destilaria e o escore de abscessos hepáticos foi reduzido em bovinos alimentados grãos de destilaria em comparação com os animais alimentados com a dieta controle.

Problemas relacionados à alta concentração de enxofre (S) na dieta

Durante o processamento convencional do milho utiliza-se ácido sulfúrico para controle de pH durante a fase de fermentação. Desta forma os grãos de destiladores geralmente contêm grandes quantidades de íons sulfato (SO_4^{2-}), que são reduzidos a sulfetos (S_2^-) no rúmen (Lewis, 1954). Dessa forma, o excesso deste elemento na dieta pode levar a diminuição da IMS e GMD de animais tratados com DDGS ou WDGS. Explicando baixos índices quando foram utilizados níveis elevados deste subproduto.

O baixo valor de pH representa concentrações aumentadas de íons livres de hidrogênio (H^+) disponíveis para se ligar a (S_2^-) resultando em acumulação de sulfato de hidrogênio (H_2S) no rúmen (Kandyliis, 1984). Esse aumento de H_2S pode levar a uma doença chamada polioencefalomalacia, que gera alguns danos cerebrais.

A inclusão de ionóforos como a monensina já vem sendo estudada *in vitro*, pensando em seu potencial de redução de íons de hidrogênio no rúmen (Kung et al., 2000; Quinn et al., 2009). A adição de fenos, pré-secados e silagens também são estudadas, pois contribuem no tamponamento do rúmen. Desta forma, Felix (2011) estudou o efeito da adição de monensina e pré secado de forragem em dietas contendo 60% de DDGS em confinamento para novilhos da raça Angus. Quando suplementado com 0 mg de monensina/kg de dieta, a adição de pré secado aumentou o GMD em 5,7%, enquanto suplementado com 33 mg de monensina / kg de dieta, a adição de pré secado aumentou o GMD em 13% ($P < 0,01$). Contribuindo não só para ganho de peso como também na redução de H_2S no rúmen.

Conclusão

O DDGS utilizado na alimentação de ruminantes é uma alternativa viável e barata.

Existe uma necessidade de maiores pesquisas quando relacionado ao DDGS e WDGS nacionais, já que nosso milho se enquadra em uma classificação diferente daquele produzidos em territórios norte-americanos. Há também uma necessidade de pesquisas que incluam seu uso a pasto, já que o Brasil tem grande parte dos animais criados apenas neste sistema.

Referências

- Abousekken, M. S. M. 2014. Use of corn distillers dried grains with solubles (ddgs) in laying quail diets. *Egyptian Poultry Science Journal*, 34(3), 681-703.
- Belyea, R. L., Rausch, K. D. & Tumbleson, M. E. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Technology* 94: 293-298.
- Belyea, R. L., Steevens, B. J., Restrepo, R. R. & Clubb, A. P. 1989. Variation in composition of by-product feeds. *Journal of Dairy Science*, 72, 2339–2345.
- Corrigan, M. E., Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., Meyer, N. F., Vander Pol, K. J., Greenquist, M. A., . . . Gibson, M. L. 2009. Effects of level of condensed distillers solubles in corn dried distillers grains on intake, daily body weight gain, and digestibility in growing steers fed forage diets. *Journal of Animal Science*, 87(12), 4073-4081.
- Engel, C. L., Patterson, H.H. & Perry, G.A. 2008. Effect of dried corn distillers grains plus solubles compared with soybean hulls, in late gestation heifer diets, on animal and reproductive performance. *Journal of Animal Science*, 86, p. 1697–1708,
- Erickson, G. E., Buckner, C. D. & Klopfenstein, T. J. 2010. *Feeding Corn Milling Co-Products to Feedlot Cattle*. 3rd edition nov. 2010. Dpt. of Animal Science Univ of Nebraska–Lincoln.
- Felix, T. L., & Loerch S. C. 2011. Effects of haylage and monensin supplementation on performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism of feedlot cattle fed diets containing 60% dried distillers' grains. *Journal. Animal Science*, 89:2614–2623.
- Fiagril E Summit Agricultural Group Disponível em <http://www.fsbioenergia.com.br/pt-br> Acesso em: 17 agosto 2018.
- Fialho, E. T., & Barbosa, H. P. 2008. *Alimentos alternativos para suínos* (Vol. 1). Lavras: UFLA/FAEPE.

- Gadberry, M.S., Beck, P.A., Morgan, M., Hubbell, D., Butterbaugh, J. & Rudolph, B. 2010. Effect of dried distillers grains supplementation on calves grazing bermudagrass pasture or fed low-quality hay. *The professional Animal Science*, 26, 347–355.
- Kandylis, K., 1984. Toxicology of sulfur in ruminants: review. *Journal of dairy Science*, 67, 2179–2187.
- Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., & Bremer, V. R. 2008. Board-invited review: Use of distillers byproducts in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science* 86(5): 1223–1231.
- Kung, L., J. P. Bracht, & J. Y. Tavares. 2000. Effects of various compounds on in vitro ruminal fermentation and production of sulfide. *Animal Feed Science and Technology*, 84:69-81.
- Lewis, D. 1954. The reduction of sulphate in the rumen of the sheep. *Biochemical Journal*, 56, 391–399.
- Li, C., Li, J. Q., Yang, W. Z., & Beauchemin, K. A. 2012a. Ruminal and intestinal amino acid digestion of distiller's grain vary with grain source and milling process. *Animal Feed Science and Technology*, 175(3–4), 121-130.
- Li, G., Wang, X., Lin, M., Lu, Z., & Yao, W. 2012b. Effects of corn DDGS in combination with compound enzymes on growth performance, carcass fat quality, and plasma and tissue redox homeostasis of growing-finishing pigs. *Livestock Science*, 149(1–2), 46-52.
- Liu, K. 2011. Chemical composition of distillers grains, a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(5), 1508-1526.
- Macaya, S. Q. E Rojas, A.B. 2009. Uso de granos secos con solubles (DDGS) provenientes de la destilería del maíz en suplementos para vacas lactantes em pastoreo de Estrella Africana. *R. Agronomía Costarricense*, 33(2), 237-248.
- Makkar, H. P. S. 2012. *Biofuel co-products as livestock feed: Opportunities and challenges*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 554p.
- Manthey, A. K., & Anderson, J. L. 2018. Growth performance, rumen fermentation, nutrient utilization, and metabolic profile of dairy heifers limit-fed distillers dried grains with ad libitum forage. *Journal of dairy science*, 101(1), 365-375.
- Nennich T. 2013. Feeding distillers grain to young dairy heifers. *Purdue Animal Sciences*, 1-3.
- Nichols, J. R., Schingoethe, D. J., Maiga, H. A., Brouk, M. J. & Piepenbrink, M. S. 1998. Evaluation of corn distillers grains and ruminally protected lysine and methionine for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.81, p.482–491.
- Núñez, A. J. C., Felix, T. L., Loerch, S. C. & Schoonmaker, J. P. 2015. Effect of dried distillers grains with soluble or corn in growing cattle diets, followed by a corn-based finishing diet on performance of feedlot cattle. *Feed Science and Technology*, 207: 267–273.
- Paz, H. A., Veth, M. J., Ordway, R. S. & Kononoff, P. J. 2013. Evaluation of rumen-protected lysine supplementation to lactation dairy cows consuming increasing amounts of distillers dried with solubles. *Journal of Dairy Science*, v.96, p.7210-7222.
- Pezzanite et al. 2010.
- Quinn, M. J., May, M. L., Hales, K. E., Di Lorenzo, N., Leibovich, J., Smith, D. R. & Galyean, M. L. 2009. Effects of ionophores and antibiotics on in vitro hydrogen sulfide production, dry matter disappearance, and total gas production in cultures with a steam-flaked corn-based substrate with or without added sulfur. *Journal of Animal Science*, 87:1705-1713.
- Robinson, P. H., Karges, K., & Gibson, M. L. 2008. Nutritional evaluation of four co-product feedstuffs from the motor fuel ethanol distillation industry in the Midwestern USA. *Animal Feed Science and Technology*, 146(3–4), 345-352.
- Salim H., Wood, K. M. & McEwen, P. L. 2014. Influence of feeding increasing level of dry or modified wet corn distillers grains plus solubles in whole corn grain-based finishing diets on growth performance, carcass traits, and feeding behavior in finishing cattle. *Livestock Science*, 161, 53–59.
- Singh, V., Rausch, K. D., Yang, P., Shapouri, H., Belyea, R. L., & Tumbleson, M. E. 2001. *Modified dry grind ethanol process*. University of Illinois at Champaign-Urbana.
- Spiehs, M. J., Whitney, M. H., & Shurson, G. C. 2002. Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, 80(10), 2639-2645.

- U.S. Energy Information Administration Disponível em <<https://www.eia.gov/>> acessado em: 20 julho 2018.
- US Grains Council. *A guide to Distiller's Dried Grains with Solubles (DDGS)*, 3ª edição. Washinton: U.S. Grains Council, 406p. 2012.
- Vander Pol, K. J., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Greenquist, M. A. & Robb, T. 2006. *Effect of dietary inclusion of wet distiller's grains on feedlot performance of finishing cattle and energy value relative to corn*. Pages 51–53 in Nebraska Beef Cattle Report MP88A. University of Nebraska-Lincoln Extension.
- Veracini, J. L., Walker, P. M., Faulkner, M. J., Hall, R. E., Atkinson, R. L., & Wiegand, B. R. 2013. Effects of high fat, modified wet, corn distiller's grains plus solubles on beef steer performance and carcass characteristics. *Livestock Science*, 157(1), 151-161.
- Vohra, A., Syal, P., & Madan, A. 2016. Probiotic yeasts in livestock sector. *Animal Feed Science and Technology*, 219, 31-47.
- Weigel, J.C., Loy, d. & Kilmer, L. 1997. Feed Co-Products of the Dry Corn Milling Process. Iowa State University, 16p.
- Pezzanite, L.; Gunn, P.; Neary, M. Lemenager, R. & Lake, S. 2010. Value of Distiller's Grains as a Feed for Sheep. *Purdue Animal Science*, 1-5.
- Recebido:** 5 Setembro, 2018.
Aprovado: 25 Setembro, 2018.
Publicado: 26 Novembro, 2018.
- Licenciamento:** Este artigo é publicado na modalidade Acesso Aberto sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 (CC-BY 4.0), a qual permite uso irrestrito, distribuição, reprodução em qualquer meio, desde que o autor e a fonte sejam devidamente creditados.