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

**Inclusão de coproduto úmido da produção de etanol de milho
(fibra úmida mais solúveis) e de óleo degomado de milho em
dietas para bovinos em terminação**

Arquimedes de Souza Lima Junior

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

**Piracicaba
2020**

Arquimedes de Souza Lima Junior
Zootecnista

Inclusão de coproduto úmido da produção de etanol de milho (fibra úmida mais solúveis) e de óleo degomado de milho em dietas para bovinos em terminação

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador

Prof. Dr. **FLÁVIO AUGUSTO PORTELA SANTOS**

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

Piracicaba
2020

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

Lima Junior, Arquimedes de Souza

Inclusão de coproduto úmido da produção de etanol de milho (fibra úmida mais solúveis) e de óleo degomado de milho em dietas para bovinos em terminação / Arquimedes de Souza Lima Junior. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. Piracicaba, 2020.

76 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. Nível 2. Grãos de destilaria 3. Óleo degomado de milho 4. Coproduto
I. Título

DEDICATÓRIA

À minha mãe,

Sueli Aparecida Santiago, meu exemplo de vida.

As minhas queridas irmãs, Laísa e Caroline, que são fundamentais em minha vida.

E, por fim, à Deus, Dono de toda honra e glória de me deixar chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, à Deus, Todo Poderoso, por me dar a oportunidade de caminhar em oportunidades impensáveis há poucos anos atrás. Por me fazer um privilegiado por realizar um sonho de estudar em uma Universidade de referência mundial e, principalmente, por me tornar mestre.

À minha família, pelo amor incondicional e incentivo em todas minhas decisões, me dando suporte para aprender com meus erros, e a qual devo a minha formação moral.

À minha namorada, Tamires Sousa dos Anjos, por me apoiar em todos os momentos, que sempre me incentivou e esperou, com paciência, as ausências e distâncias, com carinho e compreensão.

Ao meu orientador de graduação, Dr. Antonio Rodrigues da Silva, pela sua dedicação ao meu ensino, não apenas dentro da academia como fora, e pela sua devoção ao trabalho, tendo sido um dos principais responsáveis por minha formação pessoal e por apostar em mim quando às vezes nem eu mesmo apostava.

Ao meu orientador de pós-graduação e amigo, Dr. Flávio Augusto Portela Santos, o qual me confiou a ímpar oportunidade de fazer parte de seu grupo de pesquisa. Só tenho a agradecer todos os ensinamentos, as orientações, o exemplo de profissional que é para mim e para tantos outros jovens que se esforçariam ao máximo para ter a honra que tive de trabalhar com profissionais do seu nível. Agradeço à Deus pelo tanto que sempre me ajudou e espero que possa sempre contar comigo quando for preciso.

À Agrocerec Multimix Nutrição Animal LTDA por todo o apoio para a realização do trabalho, principalmente nas pessoas de Ricardo Ribeiral, Luis Antonio Pereira e Rodrigo Meirelles.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia da ESALQ/USP, Laureano, Ricardo, Rogério, Alexandre, Dril, Emerson, Jucelino, Daiane e Sandra, pelos momentos de conversa e pela disponibilidade que todos tiveram em me ajudar sempre que precisei.

Aos estagiários, Victor Valiati, João Paulo, Nathalia Eckermann, Raíssa Escobar, Gabriel Barbosa, Elias, Guzanu, Breno Medeiros, pela

amizade e auxílio durante a fase da pesquisa de campo. Sem vocês eu realmente não conseguiria chegar até aqui.

Aos meus amigos e parceiros de trabalho, Murilo Garrett (Lilão), Andrés Navarro, Murillo Alves Porto Meschiatti (Titanic), José Maurício (Cariri), Pedro Guerreiro (Farelo), Fernando Drago (Anzor), Ludmila Monteiro, Camila Delveaux e Erika pela amizade, apoio, auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos que já passaram ou estão no NUTRIBOV.

Aos amigos e estagiários do CPZ, pela ajuda em momentos fundamentais.

À ESALQ pela oportunidade de estar aprendendo com tantos profissionais de alto nível.

À Cargill Alimentos LTDA pelo auxílio financeiro para a execução do experimento.

A todos que, direta ou indiretamente, ajudaram para a condução desse trabalho.

MUITO OBRIGADO!

“Tudo é possível àquele que crê”.

(Marcos, 9:23)

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Processamento dos grãos de destilaria.....	15
2.2 Uso de grãos de destilaria úmidos na dieta de bovinos.....	21
2.3 Utilização de lipídeos nas dietas de bovinos confinados.....	30
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	37
3.1 Experimento.....	37
3.2 Data e local.....	37
3.1.2 Desenho experimental.....	37
3.1.3 Animais e rações experimentais.....	37
3.1.4 Manejo alimentar.....	42
3.1.5 Amostragem e análises bromatológicas dos ingredientes.....	43
3.1.6 Determinação do desempenho animal.....	44
3.1.7 Cálculo de energia líquida das rações.....	45
3.1.8 Análise estatística.....	46
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
4.1 Caracterização dos ingredientes utilizados no trabalho.....	47
5 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

RESUMO

Inclusão de coproduto úmido da produção de etanol de milho (fibra úmida mais solúveis) e de óleo degomado de milho em dietas para bovinos em terminação

A produção de etanol a partir do milho tem aumentado no Brasil e as plantas modernas instaladas no país têm tecnologia distinta das plantas tradicionais, com a geração de coprodutos também distintos e ainda pouco estudados. Nessas plantas, a fração fibrosa do milho é separada antes do processo de fermentação e destilação. O experimento teve como objetivo avaliar a inclusão de *wet distillers bran plus solubles* (WDBS) - coproduto úmido da destilação do milho, incluindo a fibra e os solúveis) como substituto de farelo de soja, milho e polpa cítrica na presença ou não de óleo degomado de milho em dietas para bovinos em terminação. Os parâmetros avaliados foram o consumo de matéria seca (CMS), peso corporal final (PCF), ganho de peso diário (GPD), eficiência alimentar (EA: GPD/CMS), energia das dietas, peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça (RC). Foram utilizados 232 tourinhos da raça Nelore com peso inicial médio de 425 kg, distribuídos em 40 baias coletivas, sendo 32 baias com 6 animais e 8 baias com 5 animais cada. O período experimental foi de 76 dias e o delineamento utilizado foi de blocos casualizados em um arranjo fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de WDBS (0, 15, 30 e 45% da MS da dieta) e dois níveis de óleo degomado de milho (0 e 3% da MS da dieta), em um total de oito tratamentos. As análises estatísticas foram realizadas através do software SAS 9.4 e todas as variáveis foram consideradas diferentes estatisticamente considerando $P \leq 0,10$. Não houve diferença entre os tratamentos para as variáveis de peso final, GPD, PCQ e RC ($P > 0,10$). A inclusão de WDBS na dieta reduziu o CMS ($P < 0,01$), assim como a inclusão do óleo degomado de milho ($P < 0,10$). Houve interação entre os níveis de WDBS e a inclusão de óleo no consumo de matéria seca ($P < 0,05$). A inclusão de WDBS teve efeito quadrático na redução do CMS na presença de óleo degomado de milho. Na ausência de óleo, a inclusão de WDBS causou redução linear no CMS. A EA foi afetada linearmente com a utilização de WDBS ($P < 0,10$) e aumentou também com a inclusão de óleo ($P < 0,10$) na dieta. Não houve interação ($P > 0,10$) entre WDBS e óleo degomado de milho para os valores de energia líquida de manutenção (ELm) e de ganho (ELg) observadas. A inclusão de WDBS causou aumento linear na ELm observada das dietas ($P < 0,10$). A inclusão de óleo degomado de milho aumentou a ELm e a ELg observadas das dietas independentemente do nível de inclusão de WDBS ($P < 0,05$). Conclui-se que tanto a inclusão de WDBS quanto a de óleo degomado de milho reduzem o CMS sem alteração de GPD, melhorando assim a EA dos animais.

Palavras-chave: Nível, Grãos de destilaria, Óleo degomado de milho, Coproduto

ABSTRACT

Inclusion levels of wet distillers bran plus solubles and corn oil in finishing diets to beef cattle

The production of ethanol from corn grain has been increasing in Brazil and the new plants installed in the country have a different technology compared with the traditional ones and a different variety of new byproducts, not well studied yet. In those plants the fibrous portion of corn is separated before the fermentation and distillation processes. Corn oil and wet distillers bran plus solubles (WDBS) are two corn ethanol byproducts with great potential as feeds for beef cattle. The objective of the experiment was to evaluate the effect of increasing levels of WDBS as a substitute for soybean meal, corn and citrus pulp with or without corn oil on dry matter intake (DMI), final body weight (FBW), average daily gain (ADG), feed efficiency (G:F), hot carcass weight (HCW), and dressing percentage (DP). Two hundred and thirty-two Nellore bulls with an initial weight of 425 kg were used in a 76 days experiment. The animals were randomly assigned to 40 pens (32 pens with 6 bulls/pen and 8 pens with 5 bulls/pen) in a randomized block design with a 4 x 2 factorial arrangement and fed four levels of WDBS (0, 15, 30 and 45%) and two of raw corn oil (0 and 3%). The statistical significance level used was $\alpha=5\%$. There was no significant difference between treatments for FW, ADG, HCW and DP ($P>0.10$). Inclusion of WDBS ($P<0.01$) and raw corn oil ($P<0.10$) reduced DMI. There was interaction between levels of WDBS and the inclusion of raw corn oil in DMI ($P<0.05$). The increasing levels of substitution of WDBS for soybean meal, corn and citrus pulp caused a quadratic effect in DMI when raw corn oil was included. In the absence of raw corn oil, the increasing levels of WDBS caused a linear decrease in DMI. The feed efficiency was affected cubically by the increasing levels of WDBS ($P>0.10$) and increased by the addition of raw corn oil ($P>0.10$). There was no interaction ($P>0.10$) between WDBS and corn oil for the observed energy content of the diets. The inclusion of WDBS caused a linear increase in observed NEm of the diets ($P<0.10$). The inclusion of corn oil increased the observed NEm and NEg of the diets ($P<0.05$). In conclusion, WDBS and raw corn oil decrease DMI, have no effect on cattle ADG and increase feed efficiency.

Keywords: Level, Distillers bran, Raw corn oil, By-product

1. INTRODUÇÃO

Com o objetivo de reduzir o custo de alimentação por kg de carcaça produzida, em sistemas de terminação em confinamento, os nutricionistas lançam mão de uma série de estratégias nutricionais, dentre elas, a substituição de alimentos convencionais como o milho e o farelo de soja por coprodutos (NASEM, 2016). Em levantamento realizado por Pinto e Millen (2018), com nutricionistas brasileiros de confinamento, 70,6% dos entrevistados informaram que utilizam algum coproduto para compor dietas de terminação, com destaque para o caroço de algodão, polpa cítrica e casca de soja. Entretanto, a produção de etanol de milho é recente no país, com produção de 791,43 milhões de litros na safra 2018-2019 (ÚNICA, 2019) e a projeção é que ela triplique ao longo dos três próximos anos (CONAB, 2018), disponibilizando assim, quantidade considerável de coprodutos de destilaria.

A literatura sobre o uso de coprodutos da indústria de etanol de grãos de cereais é vasta, principalmente na América do Norte, onde os coprodutos DDG (grãos destilados secos - dried distillers grains), WDG (grãos destilados úmidos - wet distillers grains), DDGS (grãos destilados secos com solúveis - dried distillers grains plus solubles), WDGS (grãos destilados úmidos com solúveis – wet distillers grains plus solubles) e MDGS (grãos destilados modificados – modified distillers grains) têm sido incluídos em dietas de bovinos confinados como fontes de proteína e/ou energia (Klopfenstein et al., 2008; NASEM, 2016).

De acordo com a meta-análise conduzida por Bremer et al. (2011), quando incluídos nas dietas entre 10 e 40% da MS, o valor alimentar de WDGS, MDGS e DDGS, é respectivamente, de 130 a 150%, 117 a 128%, e 112% do valor alimentar do milho dentado laminado a seco ou da combinação deste com silagem de grão úmido. Estes valores alimentares são calculados como sendo a relação entre a EA da dieta com o nível de coproduto e a EA da dieta controle, dividida pelo nível de inclusão de coproduto na dieta. Os valores encontrados relativos ao milho dentado são difíceis de serem explicados com base na composição química desses coprodutos e na menor digestibilidade das dietas com grãos destilados que nas dietas controle com milho exclusivo (NASEM, 2016).

O avanço tecnológico das indústrias de etanol de cereais tem levado à produção de novos coprodutos, ainda pouco estudados. A separação da fração

fibrosa dos grãos de cereais antes da fermentação tem gerado coprodutos distintos dos grãos destilados tradicionais. Alguns desses coprodutos têm sido denominados de Fibra mais Solúveis Seco ou Úmido (*DWDBS* - dried or wet distillers bran plus solubles) e estão disponíveis no Brasil (Garland et al., 2019). Dados de desempenho animal com estes novos coprodutos são escassos na literatura, especialmente com animais zebuínos e em comparação com milho flint ou combinação de milho flint com outros coprodutos como polpa cítrica, caroço de algodão e casca de soja.

Outra mudança importante no processo de produção de grãos de destilaria nas usinas de etanol, foi a remoção parcial do óleo presente no fluxo dos solúveis, gerando um coproduto com teor reduzido de gordura, saindo dos tradicionais 12% para 7% de EE (Bremer et al., 2014). No Brasil, grande parte da produção deste segundo coproduto gerado nas usinas, o óleo degomado de milho, está sendo destinado a indústria de nutrição animal de aves e produção de biocombustíveis.

Visando atender as exigências dos frigoríficos em relação ao grau de acabamento de carcaça, uma alternativa é o investimento em técnicas nutricionais como o adensamento energético da dieta através de óleos vegetais (Valinote et al., 2005). Além disso, alguns autores observaram que a inclusão de óleos vegetais na dieta podem melhorar a eficiência alimentar dos animais em terminação. Zinn (1996) e Rosa et al. (2013) relataram melhora na eficiência alimentar de novilhos em confinamento ao adicionar óleo vegetal na dieta comparado aos animais que não receberam óleo.

Mesmo tendo vários estudos sobre a utilização de óleos vegetais em dietas de terminação para bovinos, não se tem dados de desempenho na literatura com o uso de óleo degomado de milho resultante dos novos processos de produção das indústrias de etanol.

Objetivou-se então, com este trabalho, avaliar a inclusão de diferentes níveis de WDBS (fibra destilada úmida com solúveis) e o uso de óleo degomado de milho no desempenho de bovinos sob o regime de confinamento, onde as hipóteses foram: a) o WDBS quando incluído no nível de 15% da MS da dieta é fonte proteica alternativa ao farelo de soja, milho e polpa cítrica; b) o WDBS quando incluído em níveis entre 30 e 45% da MS da dieta, estimula o CMS, aumenta a ingestão de energia, o GPD e a EA dos animais, em comparação ao milho flint, polpa cítrica e farelo de soja; c) o WDBS tem valor energético mais alto que a mistura milho flint,

polpa cítrica e farelo de soja; d) a inclusão de óleo degomado de milho reduz o CMS e aumenta a EA dos animais, independentemente do nível de WDBS da dieta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Processamento dos grãos de destilaria

A produção mundial de etanol em 2017 foi de 102,206 bilhões de litros, onde Estados Unidos e Brasil, respondem por 60 e 26% do total da produção, respectivamente (RFA, 2018). Nos Estados Unidos, aproximadamente um terço do milho produzido é destinado para a produção de etanol. No Brasil, a produção é crescente principalmente no estado do Mato Grosso, onde cerca de 25% da oferta de etanol é oriunda do milho, o que representa uma oportunidade promissora para a produção animal, pois, para cada 3,8 litros de etanol produzidos são gerados 2,4 kg de DDGS de acordo com Bortoletto e Alcarde (2015).

Segundo Vasconcelos e Galyean (2007), da moagem de milho e sorgo para produção de etanol resultam coprodutos de destilaria que podem ser amplamente utilizados como fontes de proteína e energia para ruminantes, comumente conhecidos como: DDG (grãos destilados secos, do inglês: dried distillers grains), WDG (grãos destilados úmidos, do inglês: wet distillers grains), DDGS (grãos destilados secos com os solúveis, do inglês: dried distillers grains plus solubles) e WDGS (grãos destilados úmidos com os solúveis, do inglês: wet distillers grains plus solubles). A diferença entre esses compostos ocorre durante a fermentação do milho para a produção do etanol, onde após o processo de separação da parte sólida e líquida são gerados respectivamente, WDG e CDS (solúveis condensados de destilaria, do inglês: *condensed distillers solubles*).

O processo tradicional desta produção foi detalhado por Kim et al. (2008) e acontece quando o grão é moído a seco e é misturado com água quente formando o “mosto”, passando por um processo de cozimento com temperatura variando de 90 a 150 graus Celsius por 20 minutos e pH ajustado para 5,8 para que ocorra a gelatinização do amido. Em seguida, ocorre o processo de liquefação, com o mosto mantido a uma temperatura entre 80 e 90 graus Celsius por 90 minutos para adição da enzima alfa-amilase, convertendo o amido em oligossacarídeos. Após esse período, o mosto é resfriado por 45 a 90 minutos e a enzima glucoamilase é adicionada para a conversão dos oligossacarídeos em glicose. O mosto é então levado para os tanques de fermentação onde ocorre o abaixamento do pH para 4,5 em média, com adição

de ácido sulfúrico, geralmente. Leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae* são utilizadas para conversão da glicose em etanol e dióxido de carbono. O mosto então passa pelo processo de destilação, retirando a água presente e produzindo o etanol.

O resíduo da destilação é chamado de vinhaça, contendo sólidos não fermentáveis, leveduras, óleo e água. Através da centrifugação, a parte sólida é separada, resultando no WDG e a vinhaça remanescente é levada aos evaporadores, para remoção da água e extração de parte do óleo, originando o óleo de milho bruto e posteriormente óleo degomado de milho. O restante do óleo constitui-se nos solúveis de destilaria condensados (CDS) ou “xarope” (do inglês: *syrup*) com aproximadamente 20-35% de PB, 25% de EE e menos de 5% de fibra, sendo vendidos separadamente ou retornados à porção sólida, originando o WDGS e após o processo de secagem, o DDGS. Atualmente, em detrimento de altas concentrações de EE no produto final e novos mercados para o óleo de milho, pouca quantidade de CDS é adicionada de volta à porção sólida, resultando em um produto conhecido como low-fat (pouca gordura) W/DDG (*low fat wet or dried distillers grains*) (Kim et al., 2008).

Segundo Kleinschmit et al. (2007), a proteína do grão de destilaria é moderadamente resistente à degradação ruminal, tornando-o uma excelente fonte de proteína não degradável no rúmen (PNDR). Os mesmos autores avaliaram várias fontes de grãos de destilaria com solúveis e encontraram valores de 53,6 a 71,4% de PNDR do total de 32% de PB do coproduto, resultando em uma ótima fonte de proteína metabolizável para ruminantes.

Uma das principais desvantagens da utilização de coprodutos é a grande variabilidade do seu conteúdo nutricional observado em diferentes usinas, em decorrência de diversos fatores como a cultura do grão utilizado, os processos industriais específicos de cada usina, a quantidade de vinhaça adicionada aos sólidos a quantidade de vinhaça adicionada ao mosto e até formas de armazenamento interferem na composição química do mesmo (SPIEHS et al., 2002).

No Brasil, a utilização de milho para produção de etanol através de destilarias/usinas flex (produzem etanol a partir da cana ou milho), foi iniciada na atual década como uma opção para diminuir a ociosidade operacional das mesmas durante o período de entressafra da cana-de-açúcar (período de 90/120

dias por ano), facilitando o escoamento da produção do grão de milho. Além disso, a produção de etanol a partir do milho se mostra mais eficiente, pois para cada 1 tonelada de milho são produzidos 400 litros de etanol contra 85 litros advindos da cana-de-açúcar e não há necessidade de ser processado logo após a colheita, como ocorre com a cana-de-açúcar, onde o processo deve acontecer dentro das primeiras 24 horas. (SOBRINHO, 2012). No Estado de Mato Grosso, já existem algumas plantas que produzem etanol exclusivamente à partir do milho e essa operação ocorre durante o ano todo.

Rausch e Belyea (2006) demonstraram o processo convencional para a produção de grãos de destilaria, conforme ilustrado na Figura 1. Neste processo, os grãos de destilaria são produzidos após a fermentação e destilação do etanol à partir da mistura de componentes do milho, água e levedura. Essa mistura é denominada de vinhaça e passará, posteriormente, pelo processo de centrifugação para separação da fração líquida da fração sólida. A fração sólida é o convencional *WDG* (wet distillers grains) e a fração líquida é denominada de solúveis de destilaria. A adição dos solúveis à fração sólida dá origem ao coproduto tradicionalmente chamado de *WDGS* (wet distillers grains plus solubles).

Figura 1. Fluxograma do processamento convencional para a obtenção de WDGS.

A primeira mudança no processo convencional de produção de grãos de destilaria e que está sendo amplamente utilizado pelas usinas de etanol é a remoção parcial do óleo do fluxo de solúveis de destilaria. A etapa de centrifugação permite que o óleo do fluxo de solúveis seja amplamente removido, resultando em coprodutos com teores menores de 8% de gordura na MS (Musser, 2013). No Brasil, as usinas que produzem etanol à partir do milho possuem etapas no processo de produção que geram coprodutos diferentes dos grãos de destilaria tradicionais. Segundo Garland (2019), a principal mudança, além da remoção parcial do óleo, envolve uma etapa de centrifugação inicial para separação da fibra antes da etapa de fermentação. O fluxo de solúveis pode ser adicionado parcialmente no fluxo de fibras, originando um coproduto composto por Fibra Úmida mais Solúveis (*WDBS* – wet distillers bran plus solubles). Na Figura 2 é demonstrado o processo de produção de WDBS em uma planta no Brasil localizada no Estado de Goiás:

Figura 2. Fluxograma do processamento em uma usina no Estado de Goiás para a obtenção de WDBS.

Segundo SPIEHS et al. (2002), a composição nutricional dos coprodutos pode variar de acordo com as etapas adotadas para a produção dentro de cada usina. No caso das plantas no Brasil, devido as diferenças no processo de produção, por mais que seja comumente denominado até mesmo para fins comerciais como DDG, WDG, DDGS e WDGS, os coprodutos gerados possuem composição química distintas comparado aos que encontramos em quase a totalidade dos trabalhos americanos e ainda são pouco estudados.

No Estado de Mato Grosso, algumas plantas também possuem a tecnologia de separação de fibra antes da fermentação, além da remoção parcial do óleo, conforme demonstrado na Figura 3.

Figura 3. Fluxograma do processamento em uma usina no Estado de Mato Grosso para a obtenção de WDBS.

Na Figura 3, assim como no processo descrito na Figura 2, a separação da fibra ocorre antes da fermentação e a fibra úmida pode receber a adição parcial dos solúveis, resultando no coproduto WDBS. Outro ponto em comum, por mais que não aconteça durante a mesma etapa do processo, é a remoção parcial do óleo, gerando coprodutos com composições químicas semelhantes entre si, porém diferentes dos grãos de destilaria tradicionais decorrentes do processo apresentado na Figura 1.

Na Tabela 1 são descritas as composições químicas de DDGS, WDGS e WDBS, ratificando as diferentes possibilidades de produção de coprodutos distintos dentro das usinas de etanol de acordo com o processo de fabricação.

Tabela 1. Composição química de DDGS, WDGS e WDBS.

Componentes	DDGs ¹	WDGs ²	WDBs ³
MS (%)	90	31	33,82
NDT (%)	89	98	81,85
EE (%)	10,7	10,84	6,79
PB (%)	30,7	30,6	33,35
FDN (%)	33,6	31,5	51,00
P (%)	0,86	0,8	0,29
S (%)	0,70	0,65	0,33

¹ = NASEM (2016); ² = NASEM (2016); ³ = Usina de etanol – Goiás (2017).

Além do menor teor de óleo presente no WDBS comparado ao DDGS e WDGS apresentados na Tabela 1, um outro ponto interessante é o baixo nível de enxofre, situação inversa aos grãos de destilaria produzidos de forma convencional, onde a utilização de ácido sulfúrico é importante para o controle de pH durante a fermentação e é um ponto de atenção aos nutricionistas no balanceamento das rações com a utilização de grãos de destilaria (Drewnoski et al., 2014). No Brasil, para a produção do WDBS não se faz uso de ácido sulfúrico. Primeiro, pelo simples fato da obtenção do coproduto ocorrer antes da fermentação. Segundo, a fermentação com adição de leveduras permite que o controle do pH ocorra pela disponibilidade de substrato, semelhante ao processo de produção de etanol à partir da cana-de-açúcar. Isso faz com que os solúveis tenham menores teores de enxofre e quando adicionados à fibra úmida, o coproduto final seja um WDBS com níveis reduzidos de enxofre em sua composição, oferecendo menor risco de intoxicação.

2.2. Uso de grãos de destilaria úmidos na dieta de bovinos

O uso de grãos de destilaria como fonte de energia para bovinos é antigo. Farlin (1981) utilizou grãos de destilaria úmidos (WDG) substituindo 25, 50 e 75% do milho na dieta de terminação. Larson et al. (1993) realizaram uma série de experimentos para avaliar as inclusões de WDG como fonte de proteína ou fonte de energia na alimentação de bovinos. O nível de 40% de inclusão de WDG na matéria seca da dieta forneceu proteína e substituiu milho na dieta como fonte de energia.

Com esse nível, a eficiência alimentar foi aumentada em 14% comparado ao controle.

Vander Pol et al. (2006) relataram inclusões de 0, 10, 20, 30, 40 e 50% WDGS substituindo milho. Eles encontraram respostas quadráticas para GPD e EA. Em todos os níveis de WDGS a EA foi maior que a dieta controle com milho. Nove experimentos realizados em confinamento com condições relativamente semelhantes foram compilados para uma metanálise (KLOPFENSTEIN et al. 2008). Os níveis mais comuns foram 30 ou 40%, e houve apenas 1 comparação a 50%. Os experimentos tiveram de 10 (alimentados individualmente) a 50 novilhos por tratamento, a maioria acima de 40 novilhos por tratamento. Os 9 experimentos incluíram 34 tratamentos representando 1.257 novilhos. Houve respostas quadráticas para GPD e CMS, onde o GPD e o CMS foram maximizados na inclusão de 30% de WDGS. A EA foi maximizada entre 30 e 50% de WDGS na MS da dieta e a relação tendeu a ser quadrática ($P < 0,09$).

Considerando que o milho é aproximadamente 2/3 de amido, parece lógico que o perfil de nutriente de grãos de destilaria seja aproximadamente três vezes maior que o do milho. Para os nutrientes como gordura, FDN e fósforo, a relação 3 vezes é verdadeira. As exceções são proteína bruta (PB), provavelmente devido à levedura adicionada e o teor de enxofre (S). A concentração de enxofre é maior em grãos de destilaria do que seria previsto para o milho por causa da adição de ácidos que contêm enxofre para controlar o pH na planta de etanol. O enxofre adicional pode resultar em poliencefalomalácia (PEM) induzida por toxidez de enxofre em bovinos (Drewnoski et al., 2014) e deve ser monitorado. Porém, o enxofre total da dieta pode não ser um bom indicador do risco para PEM induzido por S porque a porção de enxofre em grãos de destilaria está contida em aminoácidos sulfurados que atravessam o rúmen (Sarturi et al., 2013).

A primeira mudança amplamente utilizada em usinas de etanol que tem impacto significativo em grãos de destilaria foi a remoção do óleo do fluxo de solúveis de destilaria. Uma segunda fase de centrifugação permite que o óleo do fluxo de solúveis seja amplamente removido. Isto resultou em uma redução no teor de gordura dos solúveis de destilaria de aproximadamente 20% para 7 a 8%. Como resultado, os típicos grãos de destilaria mais os produtos solúveis que são fornecidos nos confinamentos dos EUA tiveram o teor de gordura reduzido de 12% para 7 a 8% da MS.

Vários estudos avaliaram os valores energéticos de grãos de destilaria tradicionais e os grãos com teor reduzido de óleo produzidos das mesmas usinas (BREMER et al. 2014), conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Eficiência alimentar de dietas contendo grãos de destilaria tradicionais e com remoção parcial de óleo comparado a dieta controle a base de milho.

Referência	Item	Inclusão	Milho	Grãos de destilaria tradicionais	Grãos de destilaria de-oiled	SEM	% redução
Jolly et al., 2013	DRC	40%	0.157 ^a	0.176 ^b	0.175 ^b	0.004	0.5
Jolly et al., 2014	DRC	50%	0.155 ^a	0.167 ^b	0.163 ^b	0.002	2.4
Bremer et al., 2014	Exp. 1 DRC	30%	0.140 ^a	0.152 ^b	0.147 ^b	0.002	3.2
Bremer et al., 2014	Exp. 2 DRC	35%	0.127 ^a	0.148 ^b	0.144 ^b	0.004	2.7
Bremer et al., 2014	Exp. 2 SFC	35%	0.140 ^a	0.155 ^b	0.147 ^b	0.004	5.2
Burhoop et al., 2017	DRC	40%	0.148 ^a	0.159 ^b	0.157 ^b	0.003	1.2
Média	-	38%	0.145	0.160	0.156	0.003	2.5

Em todos os estudos, as dietas contendo grãos de destilaria (tanto tradicionais quanto os com menor teor de óleo) significativamente melhoraram a eficiência alimentar quando comparados ao tratamento controle com milho. Três estudos concluíram que não houve diferença no valor energético de grãos de destilaria baseados na remoção parcial do óleo via centrifugação do fluxo de solúveis (Jolly et al., 2013; Jolly et al., 2014; Bremer et al., 2014). Um quarto estudo avaliou os grãos de destilaria tradicionais e os com teor reduzido de óleo em dietas a base de milho laminado e milho floculado (Bremer et al., 2014). Neste caso, o valor energético calculado para os grãos de destilaria com baixo nível de óleo foi um pouco reduzido comparado aos tradicionais. Embora não houvesse diferença estatística entre os grãos de destilaria tradicionais e os de baixo teor de gordura em dietas à base de milho floculado ($P = 0,14$), a maior redução na eficiência alimentar comparada com os grãos de destilaria tradicionais foi observada neste experimento. A redução média na eficiência alimentar para dietas contendo grãos de destilaria tradicionais e os com baixo teor de gordura foi pequena (2,5%). A melhor estimativa é que os grãos de destilaria com teor reduzido de óleo tenham o valor alimentar que é 93% do valor alimentar dos grãos de destilaria tradicionais ou 118% do valor alimentar do milho.

Recentemente, o valor energético de solúveis de destilaria de milho com baixo teor de óleo foi reavaliado em dietas de terminação de bovinos de corte (Hansen et al., 2018). As dietas continham 0, 8, 16, ou 20% de solúveis de destilaria com teor reduzido de gordura substituindo o milho. O aumento de solúveis de destilaria resultou em uma melhoria na eficiência alimentar com um valor alimentar calculado de aproximadamente 140% do valor do milho. Esta resposta se parece com a observação de Pesta et al. (2015), mesmo que o teor de gordura dos solúveis de destilaria utilizados por Pesta et al. (2015) fosse de 19,8% de gordura enquanto que o dos solúveis usados por Hansen et al. (2018) era 5,4% de gordura. Jolly et al. (2013) compararam diretamente os solúveis de destilarias tradicionais e os com baixo nível de óleo e não observaram diferenças no desempenho na terminação mesmo que a gordura da dieta diminuísse de 8,8% para 4,7%. A diferença numérica na eficiência alimentar entre os dois tipos de solúveis de destilaria foi 2,7%, o que é muito similar às observações com os grãos de destilaria tradicionais e os com baixo teor de óleo. No geral, conclui-se que a remoção parcial da gordura do fluxo dos solúveis das usinas de etanol durante a centrifugação tem

impacto negativo pequeno no valor alimentar dos grãos de destilaria e solúveis de destilaria.

Os processos utilizados para separar o óleo e a fibra de grãos de destilaria mudam o perfil nutricional e o valor alimentar dos coprodutos de grãos de cereais. Nuttleman et al. (2011) avaliaram grãos de destilaria úmidos (30% MS), modificados (50% MS), e secos (90% MS) em níveis de inclusão de 0, 20, 30, e 40% da dieta de MS. Todos os tipos de grãos de destilaria resultaram em melhoria linear na conversão alimentar comparados com o controle de milho. Porém, a conversão alimentar para novilhos alimentados com grãos úmidos de destilaria foi a melhor enquanto que para novilhos alimentados com grãos secos foi a pior.

De acordo com a meta-análise conduzida por Bremer et al. (2011), quando incluídos nas dietas entre 10 e 40% da MS, o valor alimentar de WDGS, MDGS e DDGS, é respectivamente, de 130 a 150%, 117 a 128%, e 112% do valor alimentar do milho dentado laminado a seco ou da combinação deste com silagem de grão úmido. Estes valores alimentares relativos ao milho dentado são difíceis de serem explicados com base na composição química desses coprodutos e na menor digestibilidade das dietas com grãos destilados que nas dietas controle com milho exclusivo (NASEM, 2016).

Além das diferenças no valor alimentar devido ao teor de umidade dos grãos de destilaria, utilizar coprodutos úmidos auxilia na homogeneização da mistura da dieta e na agregação de partículas, importante principalmente quando volumosos fibrosos e grosseiros como a palhada de milho é utilizada na mesma base de FDN que volumosos convencionais (Benton et al., 2015). Adicionalmente, a utilização de coprodutos úmidos permite maior inclusão de volumosos de alta qualidade, como a silagem de milho, sem redução no desempenho animal (Burken et al., 2017).

Além dos grãos de destilaria com baixo teor de óleo, novos coprodutos estão sendo produzidos nas usinas através das alterações no processo de produção de cada planta. Segundo Carlson et al. (2015), a remoção das fibras no processamento de grãos de destilaria pode ocorrer através de uma etapa secundária de fermentação da fibra em etanol depois que a fermentação do amido estiver completa. O resultado deste processo é a produção de um coproduto com níveis elevados de proteína comparado ao DDGS tradicional ou DDGS de-oiled, devido ao aumento na concentração dos nutrientes, apresentado na Tabela 3.

Tabela 3. Composição nutricional do milho e de diferentes fontes de grãos de destilaria mais solúveis.

Componentes	Milho ¹	DDGs tradicional ²	DDGs de-oiled ³	DDGs com alta proteína e baixo teor de óleo ⁴
PB (%)	8,79	31,00	33,50	45,60
EE (%)	3,81	11,90	7,67	4,81
FDN (%)	9,72	30,10	32,20	33,60
P (%)	0,29	0,83	1,03	0,63
S (%)	0,11	0,77	0,61	0,42

¹ = NASEM (2016); ² = Buckner et al., 2011; ³ = Compilado de Bremer, 2014; Carlson et al., 2015; Diaz-Royon et al., 2012; Jolly et al., 2013; Jolly et al., 2014; ⁴ = Compilado de Carlson et al., 2015; Diaz-Royon et al., 2012.

Uma segunda alternativa para a remoção de fibras corresponde ao que têm sido praticado nas usinas de etanol no Brasil e envolve uma centrifugação inicial antes da fermentação. Neste processamento, a fração fibrosa é separada antes da fermentação e, posteriormente, os solúveis podem ser adicionados novamente formando um coproduto composto por fibra mais solúveis (*WDBS – wet distillers bran plus solubles*).

Recentemente, Garland et al. (2019) avaliaram a eficiência alimentar de grãos de destilaria tradicionais úmidos e secos, grãos de destilaria com altos níveis de proteína e fibra úmida mais solúveis com inclusões de 40% na MS da dieta. Conforme apresentado na Tabela 4, tanto os grãos de destilaria com altos níveis de proteína, quanto o coproduto composto por fibra úmida mais solúveis, melhoraram em aproximadamente 10% a eficiência alimentar comparado ao tratamento controle a base de milho moído seco e milho grão úmido.

Tabela 4. Eficiência alimentar de bovinos alimentados com diferentes grãos de destilaria.

	Control	WDGS	DDGS	HiPro DDGS	Bran + Sol	SEM	P-Value
EA	0.175 ^c	0.179 ^c	0.183 ^{abc}	0.190 ^{ab}	0.193 ^a	0.0041	0.02

Tratamentos: Control = Dieta à base de milho e milho grão úmido; WDGS = Grãos úmidos de destilaria mais solúveis; DDGS = Grãos secos de destilaria mais solúveis; HiPro DDGS = Grãos de alta proteína secos de destilaria mais solúveis; Bran + Sol = Fibra separada antes da fermentação mais solúveis. Adaptado de Garland et al. (2019).

Conforme mencionado em vários trabalhos, foi demonstrado que a fibra é responsável por parte da resposta positiva de desempenho de bovinos quando alimentados com grãos de destilaria, visto a melhora na fermentação ruminal devido à menor carga de amido que chega ao rúmen em dietas contendo grãos de destilaria em substituição ao milho moído seco (Carlson et al., 2016).

No trabalho de Garland et al. (2019) que está apresentado na Tabela 4, os resultados de eficiência alimentar com a utilização de fibras mais solúveis são um pouco melhores do que foram observados por Buckner et al. (2011). A relação fibra:solúveis utilizada por Buckner et al. (2011) é desconhecida, no entanto, para o estudo de Garland et al. (2019) o coproduto fibra úmida mais solúveis foi produzido com aproximadamente uma mistura 50:50 de fibra e solúveis condensados. Portanto, quando os animais foram alimentados com 40% da MS da dieta, 20% da dieta é *CDS* (*condensed distillers solubles* – solúveis condensados de destilaria). Pesta et al. (2012) e Hansen et al. (2018) relataram que a inclusão de 18 e 20% de *CDS* resultou em valor alimentar de 166% e 147%, respectivamente, comparado a dietas com milho moído seco sem a inclusão de subprodutos. Esses dados demonstram que a quantidade de solúveis presente no coproduto composto por fibras mais solúveis tem interferência direta com as respostas positivas de desempenho.

2.3. Utilização de lipídeos nas dietas de bovinos confinados

Aumentar a densidade energética em dietas de bovinos confinados é uma estratégia para melhorar a eficiência do sistema de produção. São alternativas para aumentar a densidade energética da dieta o aumento de concentrado na ração, o processamento de grãos e a suplementação com lipídeos (NELSON et al., 2004). Devido ao seu alto teor energético, aproximadamente 2,25 maior que o dos carboidratos (MAYNARD et al., 1979; NRC 1989; SILVA, et al. 2007), a suplementação com lipídeos é uma estratégia efetiva para aumentar a densidade energética das dietas de ruminantes (Hess 2008), sem que haja aumento no risco de acidose ruminal (NASEM, 2016).

O uso de óleos vegetais na alimentação de bovinos de corte, dentre outras vantagens, diminui a produção de metano no rúmen, causando menor impacto ambiental e dessa forma, disponibiliza maior quantidade de energia da dieta para

ganho, já que as perdas de energia pela formação de metano serão menores (JORDAN et al., 2006). Em adição, de acordo com Lin et al. (1995), há redução da concentração de N-NH_3 ruminal, aumento na eficiência da síntese microbiana e aumento na produção do ácido linoléico conjugado (CLA) na carne, que tem sido considerado um importante agente anticarcinogênico.

Machmüller (1999) e Moraes et al. (2006), argumentaram que a redução na produção de metano pela suplementação lipídica está associada: a) aos efeitos tóxicos de fontes insaturadas de lipídeos sobre bactérias produtoras de CH_4 e protozoários; b) à diminuição do consumo pela maior densidade energética da dieta; c) a redução da fermentação ruminal da matéria orgânica e da fibra; d) ao aumento do propionato; e) à utilização do H_2 livre no processo de biohidrogenação (BH), não o disponibilizando para a síntese de CH_4 . Entretanto, aparentemente a BH contribui pouco como dissipador de hidrogênio, e apenas 1 a 2% de hidrogênio metabólico é usado para essa finalidade (JENKINS, 1993; CZERKAWSK, 1984).

Certos ácidos graxos (AG), especialmente os polinsaturados, são tóxicos aos microrganismos ruminais, sendo as bactérias Gram (+), as metanogênicas e os protozoários, os mais afetados (PALMQUIST e MATTOS, 2006). Os AG mais tóxicos são os de cadeia média (de 10 a 14 átomos de carbono) e ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa. (NAGARAJA et al., 1997).

Sob condições normais de alimentação, a maior parte dos ácidos graxos insaturados (AGI) ingeridos, linoleico e linolênico, são biohidrogenados, acima de 80% e 90%, respectivamente (PALMQUIST e MATTOS, 2006). Caso a BH seja completa, todos os AG serão saturados, ou seja, todas as duplas ligações serão convertidas a ligações simples. Entretanto, em situações onde quantidades elevadas de ácidos graxos insaturados são modificados no metabolismo ruminal, a saturação pode ser incompleta (BYERS e SCHELLING, 1993). Bauman et al. (2003) destacaram que a extensão do nível de hidrogenação é reduzida quando dietas com alto teor de concentrado são administradas, em virtude da inibição da lipólise em condições de pH baixo.

A redução na CMS tem sido observada com a inclusão de elevados níveis de gorduras nas dietas de ruminantes (FELTON e KERLEY, 2004; AFERRI et al., 2005; JORDAN et al., 2006), porém, os mecanismos envolvidos nos resultados ainda não estão bem elucidados na literatura. De acordo com Maia et al. (2006), o consumo de dietas com alto nível de EE pode comprometer a ingestão de alimentos

por reduzir a digestão da fibra e a taxa de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal, como resultado do efeito negativo da presença de gordura no ambiente ruminal sobre o crescimento microbiano, sobretudo dos organismos celulolíticos (NRC, 2001). Maia et al. (2006), também enfatizaram que a redução no CMS, verificada em alguns trabalhos com fontes suplementares de lipídios na dieta, pode estar relacionada à concentração plasmática de determinados ácidos graxos resultantes do metabolismo dessas fontes lipídicas. De acordo com Palmquist (1988) o aumento da concentração sérica de AGI ativa receptores do centro da saciedade localizados no hipotálamo, que inibem o apetite e reduzem o consumo de alimentos.

Segundo Allen (2000), a gordura pode deprimir o consumo pela ocorrência de efeitos sobre a motilidade do trato digestivo, a digestão da fibra, a palatabilidade da dieta, a liberação de hormônios intestinais ou a oxidação de gordura pelo fígado. No entanto em um estudo meta analítico, Weld et al. (2017) demonstraram que o efeito negativo da adição de lipídios no consumo não necessariamente está ligado à redução na digestão da fibra, uma vez que ácidos graxos de cadeia media reduziram a digestibilidade da fibra em 8%, óleos in natura em 1% e sabão de cálcio aumentou a digestibilidade de fibra. A regulação no CMS dos ruminantes pode estar vindo de maiores produções de hormônios sinalizadores de saciedade como reportado por Bradford et al. (2008). Esses autores compararam dieta controle sem lipídios adicionais, com dietas suplementadas com lipídeos saturados e insaturados. A dieta que continha ácidos graxos insaturados apresentou maior regulação de consumo, e segundo os autores, isso se deu pelo fato de fontes de gordura insaturada promoverem maiores efeitos na produção de colecistoquinina, composto este, que acredita-se poder atuar na regulação do consumo em ruminantes.

A adição de lipídeos tem como vantagem o aumento da densidade energética da dieta sem aumentar a quantidade de concentrado, diminuindo assim o teor de carboidratos fermentados no rúmen, consequentemente diminuindo riscos de distúrbios metabólicos. Entretanto, quando em excesso na dieta, a suplementação lipídica pode interferir negativamente no desempenho de bovinos terminados em confinamento (NIGIDI, 1990).

Em termos gerais, parece ser bastante consolidada a ideia de redução no CMS com a inclusão de nível médio a alto de gordura na dieta, como foi

apresentado em vários outros estudos (Ngidi et al., 1990; Drouillard et al., 1998; Bindel et al., 2000; Ramirez e Zinn, 2000; Zinn e Shen, 1996; Zinn e Plascencia, 1996; 2002; Krehbiel et al., 1995; 2006; Choi et al., 2013).

Krehbiel et al. (2006) conduziram uma meta-análise onde foram compilados 15 estudos sobre suplementação com sebo para bovinos em confinamento. Níveis suplementares crescentes de gordura na dieta causaram redução linear no CMS dos animais. Para cada aumento unitário (1 Mcal/kg de MS) em energia metabolizável da dieta proveniente de sebo houve redução de 0,26% no CMS expresso em % do PV. A queda no CMS com a suplementação de gordura ocorre em virtude do aumento da densidade energética da dieta que estimula o mecanismo quimiostático regulador de consumo, talvez promovido pelo incremento da beta-oxidação hepática de lipídios (ALLEN et al., 2014).

A utilização de fontes de ácidos graxos poli-insaturados são mais prejudiciais ao consumo comparadas com fontes de ácidos graxos saturados (Ellioti et al. 1996; Allen, 2000). O óleo degomado de milho, coproduto proveniente do processo de etanol à partir do milho descrito na Figura 2 se enquadra nessa categoria devido a grande presença de ácidos graxos poli-insaturados em sua composição (48% de C18:2).

Drackley et al. (1992) relataram que os ácidos graxos poli-insaturados podem aumentar a liberação de colecistoquinina, hormônio relacionado com a sensação de saciedade, em maior extensão em comparação com ácidos graxos saturados, diminuindo o consumo de matéria seca. Outro ponto de atenção as fontes de gordura, em especial aos ácidos graxos poli-insaturados em forma livre e, principalmente, em forma de sabões de cálcio, é que devem ser introduzidas de forma gradual na alimentação de bovinos com o objetivo de facilitar a aceitação e adaptação a esses ingredientes (Zinn, 1989; Grummer et al., 1990).

Araújo et al. (2010) observaram menor CMS em bovinos alimentados com ácidos graxos poli-insaturados comparado aos outros tratamentos. A provável causa do resultado obtido por Araújo et al. (2010) pode ser a combinação da falta de um período de adaptação à reduzida aceitabilidade e potenciais efeitos da inclusão de gordura na dieta sobre a saciedade e motilidade do intestino.

Krehbiel et al. (1995) reportaram efeito linear negativo da inclusão de sebo em níveis entre 0 e 10% da MS da dieta, sobre o CMS, GPD e EA de bovinos confinados com dietas com 92,5% de concentrado. Ngidi et al. (1990) estudaram

níveis crescentes (0, 2, 4 e 6% da MS) de sais de cálcio de óleo de palma suplementados em dietas para bovinos terminados em confinamento. O consumo de MS, o GPD e PCQ foram reduzidos com a inclusão de gordura suplementar, com aumento na eficiência alimentar.

De acordo com Aferri et al. (2005), a inclusão de gordura na dieta reduziu o CMS comparado a dieta sem inclusão suplementar de gordura. Em outro estudo, Zinn (1989) relatou aumentos lineares em CMS, GPD, PCQ e redução linear na eficiência alimentar com suplementação de 0, 4 ou 8% de mistura de gordura vegetal e animal em dietas com 88% de concentrado para bovinos confinados.

Zinn e Plascencia (1996) estudaram a inclusão de 0 ou 6% (MS) de graxa amarela em dietas de confinamento com 10 ou 30% de feno de alfafa na MS. A suplementação com gordura aumentou o GPD dos animais na dieta com 30% de feno, reduziu o CMS e melhorou a conversão alimentar dos animais em ambos os níveis de feno. A suplementação da dieta com 30% de feno com gordura resultou em desempenho animal similar ao da dieta com 10% de feno sem gordura.

Os efeitos em relação ao GPD com a inclusão de gordura suplementar na alimentação de bovinos são inconsistentes. Barducci et al. (2015) relataram aumento de 10,46% no ganho de peso diário dos animais alimentados com gordura protegida na fase de pré-condicionamento. Resultados semelhantes foram apresentados por Silva et al. (2007) onde o aumento de GPD foi de 13,53%. Fiorentini et al. (2012) e Rosa et al. (2013) observaram incremento no GPD de aproximadamente 21,55%. Por outro lado, Sutter et al. (2000) não constataram alteração no ganho de peso vivo diário, mas sim uma menor ingestão de matéria seca de tourinhos alimentados com adição de 4,7% da MS de gordura em relação ao tratamento controle. Outros autores também observaram redução do CMS e GPD quando bovinos foram suplementados com diferentes fontes de gordura (Pavan et al., 2007; Gibb et al., 2004).

Vários trabalhos relataram que a adição de gordura melhora a eficiência alimentar (EA). Barducci et al. (2015) observaram 8,23%, Putrino et al. (2006) relataram 13,33% e Rosa et al. (2013) reportaram 27,27% de aumento na EA comparado as dietas sem inclusão de gordura suplementar. Segundo Zinn e Shen (1996), o melhor desempenho de EA para dietas que tiveram a inclusão de gordura suplementar se deve ao maior teor de energia metabolizável dos lipídeos quando comparado aos alimentos ricos em carboidratos e proteínas.

Efeitos negativos da suplementação com gordura na eficiência alimentar foram reportados por Krehbiel et al. (1995) com sebo, Bindel et al. (2000) com sebo e por Choi et al. (2013) com óleo de soja. Ausência de efeito na eficiência alimentar foi reportada por Ngidi et al. (1990) com sais de cálcio de óleo de palma, por Drouillard et al. (1998) com graxa branca e por Choi et al. (2013) com sais de cálcio de óleo de palma. Em contrapartida, efeitos positivos foram relatados por Zinn (1989) com graxa amarela e com mistura de gordura animal e vegetal, por Brandt et al. (1990), Zinn e Shen (1996) e Zinn e Plascencia (1996) com graxa amarela, Zinn et al. (2000) com graxa amarela e com gordura protegida e por Ramirez e Zinn (2000) com graxa amarela e sebo. Krehbiel et al. (2006) relataram em sua revisão que a suplementação com gordura causou efeito quadrático na eficiência alimentar dos animais.

No levantamento feito por Samuelson et al. (2016), foi relatado que a inclusão média de gordura suplementar nas dietas dos confinamentos americanos estava ao redor de 2,76%, inferior aos valores de 3,1% e 3,68% relatados em levantamentos anteriores por Vasconcelos e Galyean (2007), Galyean e Gleghorn (2001), respectivamente. Acredita-se que, o custo da inclusão de gordura nas dietas e o maior uso de grãos de destilaria poderiam estar associados com essas diferenças, porém, a recomendação para a concentração máxima de (EE) na MS de 7,0% em dietas de terminação (SAMUELSON, 2016), foi mantida em nível próximo ao reportado anteriormente no levantamento feito por Vasconcelos e Galyean (2007) de 7,6%. Millen et al. (2014) relataram que o teor médio de extrato etéreo (EE) recomendado pelos nutricionistas brasileiros para dietas de terminação em confinamento era 4,6%. No levantamento mais recente dessa série, Pinto e Millen (2016) relataram que essa recomendação subiu para 5% de EE, o que indica um aumento na utilização de gordura em dietas de terminação no Brasil, visando a melhora na EA através da manutenção do GPD e diminuição do CMS.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Experimento

3.1.1. Data e Local

O experimento foi conduzido nas instalações de confinamento de bovinos de corte do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), localizada no município de Piracicaba/SP e teve início no dia 05 de janeiro de 2018.

3.1.2. Desenho experimental

Foi adotado o delineamento em blocos casualizados em arranjo fatorial 4 x 2, sendo quatro níveis de inclusão do coproduto de produção de etanol de milho o WDBS (fibra destilada úmida com solúveis, do inglês: wet distillers brans plus solubles) (0%, 15%, 30% e 45%) e dois de óleo degomado de milho (0% e 3%), perfazendo um total de oito tratamentos:

WDBS 0 – 0% de WDBS na MS da dieta e sem óleo;

WDBS 15 – 15% de WDBS na MS da dieta e sem óleo;

WDBS 30 – 30% de WDBS na MS da dieta e sem óleo;

WDBS 45 – 45% de WDBS na MS da dieta e sem óleo;

O-WDBS 0 – 0% de WDBS na MS da dieta e com 3% de óleo;

O-WDBS 15 – 15% de WDBS na MS da dieta e com 3% de óleo;

O-WDBS 30 – 30% de WDBS na MS da dieta e com 3% de óleo;

O-WDBS 45 – 45% de WDBS na MS da dieta e com 3% de óleo.

3.1.3. Animais e rações experimentais

Foram selecionados para o experimento 232 tourinhos da raça Nelore, com peso médio inicial de 425 kg. Os animais foram alojados por 76 dias em 40 baias, sendo 32 baias com 6 animais e 8 baias com 5 animais cada. Cada baia possuía 32 m² e eram parcialmente cobertas, com piso de concreto, 4 metros lineares de cocho e bebedouro para cada duas baias.

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com o NASEM (2016)

para suprirem as exigências de tourinhos Nelore e apresentaram na composição da MS, 8,5% de bagaço de cana de açúcar *in natura* (BIN) e 91,5% de concentrado.

As composições de ingredientes das dietas experimentais sem óleo são apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5. Composição de ingredientes das dietas experimentais sem óleo.

Ingredientes (% MS)	TRATAMENTOS			
	WDBS 0	WDBS 15	WDBS 30	WDBS45
Bagaço de cana <i>in natura</i>	8,50	8,50	8,50	8,50
Farelo de soja	8,00	-	-	-
Milho moído	40,30	36,75	29,45	22,35
Polpa cítrica	40,30	36,75	29,45	22,35
WDBS	0,00	15,00	30,00	45,00
Ureia	1,10	1,20	0,80	-
Mineral*	1,80	1,80	1,80	1,80
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Tratamentos: WDBS 0 = 0% de WDBS e 0% de óleo; WDBS 15 = 15% de WDBS e 0% de óleo; WDBS 30 = 30% de WDBS e 0% de óleo; WDBS 45 = 45% de WDBS e 0% de óleo.

Mineral: Do total de 1,8% de inclusão de mineral, 0,3% corresponde a inclusão de NaCl e 1,5% ao núcleo mineral com os seguintes níveis de garantia por kg - Cálcio (mín/máx) 275 g/kg, Magnésio (mín) 10 g/kg, Enxofre (mín) 56 g/kg, Zinco (mín) 3.360 mg/kg, Cobre (mín) 1.120 mg/kg, Manganês (mín) 2.240 mg/kg, Iodo (mín) 56 mg/kg, Cobalto (mín) 16,46 mg/kg, Selênio (mín) 11,2 mg/kg, Monensina Sódica (Shengli 20%®) 2.000 mg/kg.*

As composições de ingredientes das dietas experimentais com a inclusão de óleo degomado de milho são apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6. Composição de ingredientes das dietas experimentais com óleo degomado de milho.

Ingredientes (% MS)	TRATAMENTOS			
	O-WDBS0	O-WDBS15	O-WDBS30	O-WDBS45
Bagaço de cana <i>in natura</i>	8,50	8,50	8,50	8,50
Farelo de soja	8,00	-	-	-
Milho moído	38,75	35,20	27,95	20,85
Polpa cítrica	38,75	35,20	27,95	20,85
WDBS	0,00	15,00	30,00	45,00
Óleo degomado de milho	3,00	3,00	3,00	3,00
Uréia	1,20	1,30	0,80	-
Mineral	1,80	1,80	1,80	1,80
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00

Tratamentos: O-WDBS0 = 0% de WDBS e 3% de óleo; O-WDBS15 = 15% de WDBS e 3% de óleo; O-WDBS 30 = 30% de WDBS e 3% de óleo; O-WDBS45 = 45% de WDBS e 3% de óleo.

Níveis de garantia do núcleo mineral por kg: Cálcio (mín/máx) 275 g/kg, Magnésio (mín) 10 g/kg, Enxofre (mín) 56 g/kg, Zinco (mín) 3.360 mg/kg, Cobre (mín) 1.120 mg/kg, Manganês (mín) 2.240 mg/kg, Iodo (mín) 56 mg/kg, Cobalto (mín) 16,46 mg/kg, Selênio (mín) 11,2 mg/kg, Monensina Sódica (mín) 2.000 mg/kg.

As composições químicas dos ingredientes utilizados no preparo das rações são apresentados na Tabela 7. Para os valores de NDT foram admitidos os valores tabulares de NASEM (2016). Na biblioteca de ingredientes do NASEM (2016) não consta o WDBS como ingrediente. Por este motivo, foi utilizado os valores de WDGS como base para a composição química do WDBS.

Tabela 7. Composição química dos ingredientes utilizados.

Item	Milho	WDBS	Polpa Cítrica	Farelo de Soja	Bagaço de Cana
MS, %	88,2	33,82	87,54	89,92	43,76
PB, % MS	8,00	33,85	7,19	50,73	1,60
EE, % MS	4,18	6,79	2,36	2,80	0,70
FDN, % MS	11,5	52,49	26,03	15,00	85,60
NDT, % MS	88,0	98,00	70,00	78,00	33,00

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; NDT = nutrientes digestíveis totais.

A composição química das dietas experimentais é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8. Composição química das dietas experimentais.

Nível de inclusão de WDBS	Tratamentos							
	Sem óleo				Com óleo			
	0	15	30	45	0	15	30	45
Itens[†]								
PB, % MS	13,9	13,8	16,1	18,9	13,7	13,6	15,9	18,7
ELm, Mcal/Kg MS	1,86	1,93	2,01	2,09	1,96	2,03	2,11	2,19
ELg, Mcal/Kg	1,23	1,28	1,35	1,42	1,30	1,36	1,43	1,49
PDR (balanço, g)	160,0	0,00	-60,0	-60,0	170,0	20,0	-40,0	-40,0
FDN, % da MS	22,31	27,5	32,9	38,4	21,8	27,0	32,4	37,8
FDNfe, % da MS	8,33	7,81	7,21	6,62	8,16	7,64	7,04	6,46
EE, % da MS	3,28	3,42	3,99	4,55	6,19	6,32	6,89	7,46

Tratamentos: WDBS 0 = 0% de WDBS e 0% de óleo; WDBS 15 = 15% de WDBS e 0% de óleo; WDBS 30 = 30% de WDBS e 0% de óleo; WDBS 45 = 45% de WDBS e 0% de óleo; O-WDBS 0 = 0% de WDBS e 3% de óleo; O-WDBS 15 = 15% de WDBS e 3% de óleo; O-WDBS 30 = 30% de WDBS e 3% de óleo; O-WDBS 45 = 45% de WDBS e 3% de óleo.

[†]PB= proteína bruta; ELm= energia líquida de manutenção esperada; ELg= energia líquida de ganho esperada; PDR= proteína degradável no rúmen de acordo com NASEM (2016); FDN= fibra insolúvel em detergente neutro; FDNfe= FDN fisicamente efetivo de acordo com NASEM (2016); EE= extrato etéreo. Valores de ELm e ELg estimadas das dietas, com base nos valores tabulares de energia do NASEM (2016) para os ingredientes utilizados, admitindo o WDBS como o WDGS da biblioteca do NASEM (2016) e com adição de monensina sódica.

3.1.4. Manejo Alimentar

Os animais, oriundos de sistema de recria em pastagem, foram submetidos a um período de adaptação de 21 dias às instalações e às dietas experimentais de cada tratamento. Foi adotado o protocolo de adaptação em escada para cada dieta, partindo de uma inclusão de 25% do volumoso bagaço de cana *in natura* (BIN) nos primeiros 5 dias, passando para 20% de BIN do 6º ao 10º dia, 15% de BIN do 11º ao 15º dia de adaptação e, por fim, 10% de BIN do 16º ao 21º dia.

A partir do 21º dia, para dar início ao fornecimento das dietas experimentais e avaliações, os animais foram pesados após 16 horas de jejum alimentar e 10 horas de jejum hídrico e receberam a aplicação de vermífugos, sendo 20 ml de albendazol (Ricobendazole® – Ourofino Saúde Animal) e 8 ml de ivermectina (Ivomec® - Boehringer Ingelheim). Além disso, os animais receberam dosagem injetável de 5 ml de complexo polivitamínico ADE (ADE Vallé®) e foram vacinados contra clostridioses (Sintoxan® - 2ml/cab) e distribuídos em cinco (5) blocos com base no peso corporal.

A matéria seca das dietas dos tratamentos que não incluíam WDBS (WDBS 0 e O-WDBS 0) foi fixada em 70%, garantidas com a inclusão de água em quantidades variáveis em função do teor de matéria seca dos ingredientes, principalmente do bagaço de cana-de-açúcar, que era determinada de 2 a 3 vezes por semana em estufa a 105º por 12 horas.

Diariamente, as 07:00h, a dieta era fornecida na forma totalmente misturada, com o uso de vagão misturador com capacidade de 5 m³, equipado com balança eletrônica de precisão de 2 kg e sistema de mistura Rotormix® (CASALE® - Misturadora de dieta total).

O bagaço de cana-de-açúcar, o milho, a polpa cítrica peletizada e o WDBS eram pesados diretamente no vagão misturador. O farelo de soja, a uréia e o núcleo mineral eram pesados individualmente em balança com capacidade para 100 kg com precisão de 0,1 kg (MARTE®).

A quantidade de dieta fornecida era ajustada diariamente para manter, no máximo, 3% de sobras, que eram retiradas três vezes por semana, sendo levadas para o laboratório para secagem em estufa de 55ºC por 72 horas e mais 12 horas em estufa de 105ºC para determinação da MS das sobras. Após este procedimento, as sobras eram pesadas para avaliação do consumo por baia.

Os bebedouros eram drenados e lavados duas vezes por semana e o piso das baias raspados a cada 7 dias com o auxílio de trator provido de lâmina.

O WDBS e o óleo degomado de milho utilizados no experimento foram produzidos pela Cargill® Alimentos, em Quirinópolis – Goiás. O fluxograma de produção do WDBS e do óleo degomado de milho utilizados no experimento estão demonstrados na Figura 2.

Os dois coprodutos, WDBS e o óleo degomado de milho, foram entregues no Departamento de Zootecnia, onde o WDBS foi armazenado em silo tipo trincheira, vedado e retirado diariamente para utilização em camadas de 15 à 20 cm, enquanto o óleo degomado de milho ficou armazenado em tanques tipo IBC, com capacidade para 1000 litros cada.

3.1.5. Amostragem e análises bromatológicas dos ingredientes

Amostras do bagaço de cana-de-açúcar e do WDBS foram colhidas a cada 3 dias para determinação do teor de matéria seca em estufa a 105°C por 12 horas, com a finalidade de ajustar o teor de matéria seca da dieta.

Amostras de todos os ingredientes utilizados no preparo das dietas, inclusive do BIN e do WDBS, foram coletadas a cada 7 dias, pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas mais 12 horas em estufa de ventilação de 105°C e moídas em moinho tipo “Wiley” providos de peneira de 1 mm de porosidade. Ao final do período experimental as amostras de cada um dos ingredientes foram compostas, formando amostras homogêneas que posteriormente foram analisadas quimicamente.

As análises químicas foram realizadas no laboratório de bromatologia do Departamento de Nutrição Animal da Empresa Agrocereis Multimix Nutrição Animal LTDA, localizado em Rio Claro – São Paulo.

Para a determinação dos teores de MS dos ingredientes, as amostras pré-secas foram colocadas em estufa de circulação forçada a 105° por 12 horas.

As amostras dos ingredientes foram analisadas para extrato etéreo (EE) conforme AOAC (1995). O teor de proteína bruta (PB) foi obtido mediante combustão das amostras segundo o método Dunas, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio marca LECO®, (WILES et al., 1998).

Os teores da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido

(FDA) foram determinados de acordo com método proposto por Van-Soest et al., (1991) com auxílio do analisador de fibra modelo ANKON® Fiber Analyser. Na determinação da fração FDN foi incluído o sulfito de sódio e amilase termoestável e os valores obtidos foram então corrigidos para cinzas após a incineração dos sacos.

3.1.6. Determinação do desempenho animal

Para a determinação do ganho de peso diário (GPD) os animais foram pesados individualmente após jejum alimentar de 16 horas e jejum hídrico de 10 horas no primeiro e no último dia do período experimental.

A ingestão de matéria seca (IMS) foi calculada como a diferença entre o oferecido e as sobras.

As variáveis de desempenho animal avaliadas foram: peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), ingestão de matéria seca das rações em kg/dia, ingestão de matéria seca em porcentagem do peso corporal (%PC), ganho de peso diário (GPD), peso de carcaça quente (PCQ), rendimento de carcaça (RC) e eficiência alimentar (EA).

A eficiência alimentar dos tratamentos foi obtida através dos dados de GPD e IMS pela relação GPD/IMS.

3.1.7. Cálculo da energia líquida das rações

Com base nos dados médios de peso corporal, IMS e GPD obtidos no experimento, foram calculados os valores observados de energia líquida das rações segundo a metodologia proposta por Zinn e Shen (1998).

Foram calculadas as exigências de energia de ganho (E_g) e de manutenção (E_m) dos animais através das fórmulas 1 e 2, respectivamente. Calculadas as exigências energéticas relacionadas aos ganhos de peso corporal (kg/dia) e aos pesos metabólicos (kg) dos animais durante o período experimental, foram então calculados os valores de energia líquida das rações (Mcal/kg de MS) para manutenção (EL_m) e ganho (EL_g) através das fórmulas 3 e 4.

$$^{(1)}E_g = [0,0493 PC^{0,75}] GPD^{1,097}; \text{ (NRC, 1984)}$$

$$^{(2)}E_m = 0,077 PC^{0,75}; \text{ (Lofgreen e Garrett, 1968)}$$

$$^{(3)}EL_m = (-b - ((b^2) - (4ac))^{0,5}) / (2a); \text{ (Zinn e Shen, 1998)}$$

$$^{(4)}EL_g = 0,877 EL_m - 0,41; \text{ (Zinn e Shen, 1998)}$$

$$a = -0,877 \text{ IMS}$$

$$b = 0,877 E_m + 0,41 \text{ IMS} + E_g$$

$$c = -0,41 E_m$$

No qual:

E_g = exigência em energia para ganho (Mcal/ dia)

E_m = exigências em energia para manutenção (Mcal/ dia)

EL_m = energia líquida de manutenção (Mcal/ kg de MS)

EL_g = energia líquida de ganho (Mcal/ kg de MS)

Os valores observados de energia líquida foram comparados com os valores esperados. Os valores esperados de energia das dietas foram estimados utilizando as equações do modelo empírico de NASEM (2016) com adição de ionóforo com base nos valores tabulares de cada ingrediente.

3.1.8. Análise Estatística

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, em um arranjo fatorial 4 x 2, com quatro (4) níveis de inclusão de WDBS, 0, 15, 30 e 45% da MS da dieta e dois (2) níveis de óleo degomado de milho, 0 e 3% da MS da dieta. Os animais foram distribuídos nos blocos de acordo com o peso corporal inicial. A baia foi utilizada como unidade experimental para todos os parâmetros analisados.

A princípio, todos os dados foram testados para se verificar a distribuição normal dos erros, utilizando-se o PROC UNIVARIATE (SAS, 2003) e foi feita análise exploratória dos dados, utilizando-se o procedimento GLM do SAS (2003). Em seguida, todas as variáveis foram analisadas pelo PROC MIXED, do pacote estatístico STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS (2003), adotando-se as características do modelo específicas para cada variável. Contrastes foram utilizados para a análise comparativa das médias, considerando $P \leq 0,10$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização dos ingredientes utilizados no trabalho

Conforme demonstrado por Spiehs (2012), os coprodutos gerados na produção de etanol a partir do milho podem variar muito de acordo com as etapas de produção aplicadas por cada usina. A composição do coproduto utilizado no presente estudo se difere dos grãos de destilaria tradicionalmente chamados de DDGS e WDGS que estão descritos na literatura americana (NASEM, 2016) conforme apresentado na Tabela 1. A primeira mudança no processo de produção deste coproduto e que auxilia na compreensão de sua composição comparado ao DDGS e WDGS convencional é a remoção parcial do óleo do fluxo de solúveis de destilaria, gerando um coproduto com teores menores de 7% de gordura. Musser (2013) relatou este processo onde através da centrifugação, o óleo consegue ser amplamente removido, resultando em produtos com menos de 8% de gordura, diferentemente dos tradicionais 11 a 12% na composição.

A segunda alteração no processo de produção e que complementa o entendimento deste novo coproduto foi descrita por Garland et al. (2019) e envolve uma centrifugação inicial para separação da fibra antes da etapa de fermentação. Essa tecnologia têm sido aplicada nas usinas de etanol à partir do milho no Brasil, onde o fluxo de solúveis pode, posteriormente, ser adicionado parcialmente ao fluxo de fibras, originando o coproduto que se faz presente neste estudo e é composto por Fibra Úmida mais Solúveis (*WDBS*), conforme as etapas de produção são apresentadas no fluxograma contidos na Figura 2.

Além do menor teor de óleo presente no WDBS comparado ao DDGS e WDGS apresentados na Tabela 1, uma outra característica importante é o baixo nível de enxofre (0,3% na MS), decorrente da não utilização de ácido sulfúrico no processo. Conforme descrito por Drewnoski et al. (2014), pelo fato das usinas fazerem uso de ácido sulfúrico para controlar o pH durante a fermentação, os grãos de destilaria tradicionais apresentam em sua composição valores para enxofre acima de 0,7% na MS, sendo um ponto de atenção aos nutricionistas quanto ao uso destes coprodutos convencionais em níveis elevados nas dietas.

Conforme demonstrado na Tabela 8, as dietas apresentaram maiores teores de PB e de FDN à medida em que foi aumentada a inclusão de WDBS em substituição total ao farelo de soja e parcial ao milho moído e a polpa cítrica. Isso ocorreu em virtude dos teores elevados de PB (33,85%) e de FDN (52,49%) do WDBS em comparação com os respectivos valores da polpa cítrica e do milho.

Segundo Mertens (1997), o conceito de efetividade de fibra (FDNe) foi definido como sendo a capacidade total da fração fibrosa de determinado alimento em manter efetivamente a mastigação, o teor de gordura no leite e a saúde do animal. O conceito de FDN fisicamente efetivo (FDNfe) por sua vez, foi proposto levando em consideração as propriedades físicas da fibra, principalmente o tamanho de partícula (partículas retidas na peneira de 1,18 mm) que influencia a atividade de mastigação e a motilidade ruminal. O NASEM (2016) utiliza a FDNfe para determinar o valor de pH ruminal ($\text{pH ruminal} = 5,425 + 0,04229 \times \% \text{FDNfe}$) que por sua vez é utilizado ajustar a síntese de proteína microbiana, quando se utiliza o nível mecanístico de solução. Com o objetivo de maximizar a eficiência alimentar (GPD/IMS), de acordo com o NASEM (2016), a exigência mínima de FDNfe de bovinos em confinamento, alimentados com dietas com teores altos de concentrado, com ionóforos e com bom manejo de cocho e é entre 5 e 8%, valores esses em semelhança com os observados nas dietas experimentais.

Apesar do NASEM (2016) enfatizar a importância da efetividade da fonte de FDN no ambiente ruminal e síntese microbiana, de acordo com Galvane (2009) os efeitos da FDNfe sobre a produção de bovinos de corte confinados não são conhecidos e a baixa concentração de forragem em dietas de confinamento parece diminuir possíveis diferenças causadas pela FDNfe. Defoor et al. (2002), não observaram nenhuma vantagem em utilizar FDNfe em comparação com FDN de forragem, como base para efetuar trocas de fontes de forragem em dietas para bovinos em confinamento. De acordo com Galvane (2009) o FDN total da dieta e FDN de forragem são bem correlacionados com CMS em gado confinado, mas o FDN total da dieta é melhor preditor do consumo de EL_g .

Apesar da inclusão de WDBS aumentar a concentração de FDN total nas dietas, a concentração de FDNfe não aumentou, houve até uma leve redução, uma vez que a efetividade da fibra do WDBS é muito baixa, apenas 4% (NASEM, 2016) e inferior à da polpa cítrica, que é 44% (NASEM, 2016). No caso do milho, foi admitido o teor de 0% de efetividade da fibra devido ao milho ter sido moído

finamente com uso de peneira com furos de 1,3 mm.

Conceitualmente, fontes de fibra não forragem são coprodutos resultantes da extração do amido, açúcares, ou outros constituintes não fibrosos de valor, de diferentes plantas (PEREIRA et al., 1999). Estes coprodutos, podem apresentar teores de FDN similares aos das forragens grosseiras, característica que possibilita a adição destes à ração com o intuito de substituir parte da fração FDN de forragem (GRANT, 1997). Entretanto, a maioria das fontes de FDN não forragem são significativamente menos efetivas em estimular a atividade de mastigação quando comparadas com forragens (NRC, 1996). Allen (1997), utilizando relações empíricas, demonstrou que a efetividade da fração FDN de fontes não forragem foi apenas 35% em manter o pH ruminal quando comparada com forragens. Já Firkins (1997), concluiu que a fração FDN não forragem apresentou valor de efetividade de 60% em manter a digestibilidade da fração FDN no TGI em comparação a fração FDN de forragem. Por outro lado, ao avaliar a atividade de mastigação de bovinos, Mertens (1997) concluiu que coprodutos geraram valores de aproximadamente 40% e, para outros concentrados, estes estiveram entre 30% e 80% quando comparados com a efetividade típica da fração FDN de forragens.

Apesar de não aumentar a concentração de FDNfe das dietas, a inclusão de DDGS, WDGS ou WDBS poderia contribuir para melhor ambiente ruminal e menor risco de acidose em bovinos confinados, em virtude da redução da concentração de carboidratos não fibrosos da dieta, principalmente amido e açúcares (NASEM, 2016). Entretanto, não tem sido demonstrado que a inclusão destes coprodutos resulta em aumento no pH ruminal em comparação com dietas com elevadas proporções de milho. De acordo com os trabalhos compilados no NASEM (2016), esses coprodutos não devem ser usados como substitutos de alimentos volumosos em dietas de confinamento e níveis convencionais de volumosos são recomendáveis em dietas contendo esses coprodutos.

Conforme esperado, tanto a inclusão de WDBS quanto a de óleo degomado de milho aumentaram o teor de EE das dietas, que variou de 3,28 a 7,46% da MS. Estes valores estão abaixo do limite máximo de 7,6% recomendado pelos nutricionistas americanos segundo Vasconcelos e Galyean (2007).

No levantamento feito por Samuelson et al. (2016), foi relatado que a inclusão média de gordura suplementar nas dietas dos confinamentos americanos estava ao redor de 2,76%, inferior aos valores de 3,1% e 3,68% relatados em

levantamentos anteriores por Vasconcelos e Galyean (2007), Galyean e Gleghorn (2001), respectivamente. Acredita-se que, o custo da inclusão de gordura nas dietas e o maior uso de grãos de destilaria poderiam estar associados com essas diferenças, porém, a recomendação para a concentração máxima de (EE) na MS de 7,0% em dietas de terminação (SAMUELSON, 2016) foi mantida em nível próximo ao reportado anteriormente no levantamento feito por Vasconcelos e Galyean (2007) de 7,6%. Millen et al. (2014) relataram que o teor médio de extrato etéreo (EE) recomendado pelos nutricionistas no Brasil para dietas de terminação em confinamento era 4,6%. No levantamento mais recente dessa série, Pinto e Millen (2016) relataram que essa recomendação subiu para 5% de EE, o que indica um aumento na utilização de diferentes fontes de EE em dietas de terminação no Brasil, visando a melhora na EA através da manutenção do GPD e diminuição do CMS.

O desempenho de tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo diferentes níveis de WDBS e óleo degomado de milho são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Desempenho de tourinhos Nelore alimentados com dietas contendo diferentes níveis de WDBS e óleo degomado de milho.

Variável	Sem óleo				Com óleo				SEM	Valor-P		
	0	15	30	45	0	15	30	45		Óleo	Nível	Óleo*Nível
PI, kg	425	425	425	425	425	424	425	424	25,08	-	-	-
PF, kg	525	536	526	532	540	533	529	528	18,80	0,44	0,60	0,29
CMS,kg*	10,17	9,97	9,33	9,15	9,63	9,81	9,75	8,29	0,32	0,07	0,001	0,03
GPD, kg	1,34	1,46	1,30	1,40	1,50	1,51	1,36	1,38	0,07	0,20	0,18	0,64
EA*	0,133	0,149	0,139	0,153	0,156	0,155	0,140	0,166	0,01	0,07	0,09	0,58
PCQ, kg	291	297	293	296	297	298	290	295	12,39	0,83	0,36	0,68
RC, %	55,3	55,4	55,6	55,6	54,9	55,6	54,7	55,6	0,48	0,19	0,32	0,29

Variáveis: PI = Peso Inicial; PF = Peso Final; CMS = Consumo de Matéria Seca ($P<0,10$); GPD = Ganho de Peso Diário; EA* = Eficiência Alimentar ($P<0,10$); PCQ = Peso de Carcaça Quente; RC = Rendimento de Carcaça.*

Conforme ilustrado na tabela 9 e nas Figuras 4 e 5, a inclusão de WDBS na dieta afetou o CMS dos animais de maneira distinta conforme a presença ou ausência de óleo. Na ausência de óleo, a inclusão de WDBS reduziu linearmente o CMS dos animais (Figura 4), resultado este distinto do relatado nas revisões de Klopfenstein et al. (2008) e de Bremer et al. (2011) onde a inclusão de WDGS causou efeito quadrático no CMS, com pico de consumo nas dietas com 10 e 20% de coproduto. Por outro lado, quando 3% de óleo degomado de milho foi suplementado nas dietas, a inclusão de WDBS causou efeito quadrático no CMS, com pico de consumo observado com a inclusão de 15% de WDBS. Esta resposta por sua vez está de acordo com os dados revisados por Klopfenstein et al. (2008) e por Bremer et al. (2011).

Figura 4. Consumo de matéria seca conforme é aumentada a inclusão de WDBS nas dietas sem a inclusão de óleo.

Figura 5. Consumo de matéria seca conforme é aumentada a inclusão de WDG nas dietas com a inclusão de óleo.

As dietas controles dos trabalhos revisados por Klopfenstein et al. (2008) e por Bremer et al. (2011) continham níveis elevados de milho, diferentemente do presente estudo, onde a dieta controle continha apenas 40,3% em virtude da combinação 50:50 entre milho e polpa cítrica.

A substituição parcial do milho por polpa cítrica resulta em redução no teor de amido e concomitante aumento no teor de pectina na dieta. Apesar da alta degradabilidade ruminal, a pectina apresenta um padrão de fermentação semelhante ao da fibra, produzindo grande quantidade de acetato, sem produção expressiva de lactato, o que pode melhorar o ambiente ruminal para a atividade microbiana, estimulando a IMS (NASEM, 2016). Carvalho (1998) estudou os efeitos do teor de amido e de pectina na dieta sobre a digestibilidade e o pH ruminal de novilhos Nelore e concluiu que a substituição parcial do milho por polpa cítrica peletizada apresenta boas possibilidades de minimizar os efeitos associativos negativos decorrentes de rações com alto teor de concentrado.

Gouvêa et al. (2016) reportaram efeito quadrático no CMS de bovinos confinados, com a substituição entre 0 e 75% do milho moído da dieta por polpa cítrica. O CMS foi máximo quando a polpa substituiu 50% do milho da dieta, perfazendo cada um desses ingrediente 40,2% da MS da dieta. No presente estudo as dietas controle continham 40,3% de milho moído e 40,3% de polpa cítrica. Esse consumo mais alto em dietas com milho moído e polpa cítrica (50:50), em comparação com dietas exclusivas de milho moído resulta em maior ingestão de

energia por parte dos animais (Gouvêa et al., 2016). Nesse caso, a substituição parcial do milho e da polpa por um ingrediente com maior teor de energia, como os grãos de destilaria (NASEM, 2016) pode reduzir o CMS dos animais em virtude do controle quimiostático ou fisiológico de consumo (Allen, 2014). Isso pode explicar a diferença no comportamento do CMS dos animais do presente estudo não suplementados com óleo, quando comparado com os dados de Klopfenstein et al. (2008) e de Bremer et al. (2011).

Por outro lado, quando óleo foi suplementado na dieta, a resposta em CMS com a inclusão de WDBS foi similar ao reportado por Klopfenstein et al. (2008) e de Bremer et al. (2011), com pequeno aumento no CMS com inclusão de 15 a 30% de WDBS na dieta e posterior redução com a inclusão de 45% do coproduto.

Em comparação com os respectivos tratamentos controle, a inclusão de 45% de WDBS reduziu o CMS em 10,0% na ausência de óleo (10,17 x 9,15 kg) e em 13,91% na presença de óleo (9,63 x 8,29 kg).

Apesar das alterações em CMS, a inclusão de WDBS nas dietas não alterou o GPD, mas teve efeito positivo na EA. Tanto Klopfenstein et al. (2008) quanto Bremer et al. (2011) relataram que a inclusão de WDGS na dieta teve efeito quadrático sobre o GDP dos animais, com resposta máxima com inclusão de 30% do coproduto na dieta. No presente estudo, a ausência de efeito do WDBS no GPD dos animais está relacionada ao efeito negativo desse coproduto no CMS na maioria dos tratamentos testados.

No presente trabalho, independentemente do nível de óleo da dieta, a inclusão de WDBS aumentou a EA dos animais de forma linear, em virtude da redução no CMS e manutenção do GPD dos animais. Em comparação com a dieta controle, a inclusão de 15, 30 e 45% de WDBS aumentou a EA (0,1445, 0,152, 0,1395 e 0,1595) em média +5,2%, -3,5% e +10,4%, respectivamente.

Larson et al. (1993) verificaram que o nível de 40% de inclusão de WDG na matéria seca da dieta aumentou a eficiência alimentar em 14% comparado ao controle. Vander Pol et al. (2006) relataram respostas quadráticas para a EA para as inclusões de 0, 10, 20, 30, 40 e 50% de WDGS substituindo milho. Em todos os níveis de WDGS a EA foi maior que a dieta controle com milho.

Garland et al. (2019) obtiveram em torno de 10% de melhora na eficiência alimentar com a utilização de WDBS em comparação a milho moído seco. Os resultados de Garland et al. (2019) são um pouco melhores que os observados por

Buckner et al. (2011), que também trabalharam com um coproduto semelhante ao do presente trabalho, composto por fibra mais solúveis. A relação fibra:solúveis utilizada por Buckner et al. (2011) é desconhecida, no entanto, para o estudo de Garland et al. (2019) o coproduto fibra úmida mais solúveis foi produzido com uma mistura de aproximadamente 50:50 de fibra e solúveis condensados. Pesta et al. (2012) e Hansen et al. (2018) relataram que a inclusão de 18 e 20% de *condensed distillers solubles* (CDS) na dieta resultou em valor alimentar de 166% e 147% em comparação ao milho, respectivamente, comparado a dietas com milho moído seco sem a inclusão de subprodutos. Esses dados demonstram que a quantidade de solúveis presente no coproduto composto por fibras mais solúveis tem interferência direta com as respostas positivas de desempenho.

Tanto Klopfenstein et al. (2008) quanto Bremer et al. (2011) relataram em suas revisões, efeito quadrático da inclusão de WDGS na EA dos animais, com respostas crescentes até níveis de inclusão de 40 a 50% na dieta. Bremer et al. (2011) relatou aumento de 11,61% na EA dos animais alimentados com 40% de WDGS em comparação aos animais do tratamento controle. Esse valor é muito próximo dos 10,4% de aumento na EA com a inclusão de 45% de WDBS no presente estudo.

Bremer et al. (2011) relataram que quando incluído no nível de 40% da MS da dieta, o WDGS tem valor alimentar de 130% em comparação com o milho moído seco. No presente estudo, quando incluído no nível de 45% na dieta sem óleo, o WDBS teve valor alimentar médio de 133% em comparação com o valor alimentar da mistura de farelo de soja, milho moído e polpa cítrica, que foi substituída na dieta. O valor alimentar foi calculado como sendo a relação entre a EA da dieta com 45% de WDBS e a EA da dieta controle, dividida pelo nível de inclusão do WDBS na dieta, no caso, 45%.

Assim como observado no presente estudo, a redução no CMS de bovinos confinados com a inclusão de nível médio a alto de gordura na dieta tem sido relatado em diversos outros estudos (NGIDI et al., 1990; DROUILLARD et al., 1998; BINDEL et al., 2000; RAMIREZ & ZINN, 2000; ZINN & SHEN, 1996; ZINN & PLASCENCIA, 1996; 2002; KREHBIEL et al., 1995; 2006; CHOI et al., 2013), com diferentes fontes de gordura, tais como sebo, graxa amarela (*yellow grease*), graxa branca (*white grease*), óleo de soja e sais de cálcio de óleo de palma.

Na meta- análise conduzida por Krehbiel et al. (2006), foram compilados 15

estudos sobre suplementação com sebo para bovinos em confinamento. Níveis suplementares crescentes de gordura na dieta causaram redução linear no CMS dos animais. Para cada aumento unitário (1 Mcal/kg de MS) em energia metabolizável da dieta proveniente de sebo houve redução de 0,26% no CMS expresso em % do PV.

A queda no CMS com a suplementação de gordura ocorre em virtude do aumento da densidade energética da dieta que estimula o mecanismo quimiostático regulador de consumo, talvez promovido pelo incremento da beta-oxidação hepática de lipídeos (ALLEN et al., 2014). Vários trabalhos com a inclusão de óleo demonstram queda no CMS mais acentuada para fontes de ácidos graxos poli-insaturados, o que pode ter acontecido no presente trabalho visto o grau de instauração dos perfis de ácidos graxos do óleo degomado de milho.

O óleo degomado de milho, coproduto proveniente do processo de etanol à partir do milho descrito na Figura 2, se enquadra nessa categoria devido à grande presença de ácidos graxos poli-insaturados em sua composição (48% de C18:2). Segundo Allen (2000), a suplementação com ácidos graxos poli-insaturados pode interferir negativamente o consumo de matéria seca afetando outros fatores, como por exemplo, a palatabilidade da dieta, a motilidade do intestino e liberação de hormônios intestinais que controlam a saciedade. Os resultados obtidos por Drackley et al. (1992) ajudam a contextualizar a possível redução no CMS do presente trabalho, onde relataram que os ácidos graxos poli-insaturados podem aumentar a liberação de colecistoquinina, hormônio relacionado com a sensação de saciedade, em maior extensão em comparação com ácidos graxos saturados, diminuindo o consumo de matéria seca. Araújo et al. (2010) observaram menor CMS em bovinos alimentados com ácidos graxos poli-insaturados comparado aos outros tratamentos decorrente dos efeitos da saciedade e motilidade intestinal, sugerindo os fatores que possam ter ocasionado a queda no consumo de matéria seca neste trabalho.

No presente estudo, a inclusão de óleo de milho na dieta reduziu o CMS (9,66 x 9,37 kg) em média 3,0% e causou aumento não significativa no GPD (1,375 x 1,438 kg) de 4,6%, resultando em 7,53% melhor EA dos animais (0,1435 x 0,1543).

A suplementação com fontes de gordura é uma estratégia muito eficaz para aumentar a densidade energética de dietas de terminação (NASEM, 2016) e explica

seu consistente efeito negativo no CMS de bovinos (Ngidi et al., 1990; Krehbiel et al., 1995; Zinn & Plascencia, 1996; Zinn & Shen, 1996; Drouillard et al., 1998; Bindel et al., 2000; Ramirez & Zinn, 2000; Zinn & Plascencia, 2002; Krehbiel et al., 2006; Choi et al., 2013) como observado no presente estudo, onde a inclusão de 3% de óleo de milho nas dietas tendeu a diminuir o CMS em 3%.

O efeito negativo da suplementação com gordura no CMS está relacionado ao mecanismo fisiológico que regula a ingestão de matéria seca de bovinos alimentados com dietas de alta densidade energética (Allen, 2014) e o processo pode estar associado à ação secretora de ácidos graxos insaturados na liberação de colecistoquinina e peptídeo semelhante ao glucagon, que atua inibindo o esvaziamento gástrico ou associado ao aumento da concentração plasmática de ácidos graxos não-esterificados, aumentam a captação hepática e a oxidação de ácidos graxos não-esterificados (Allen, 2000).

Os efeitos da suplementação de gordura no GPD de bovinos em terminação são inconsistentes. Como no presente estudo, Sutter et al. (2000) não relataram nenhum efeito da suplementação de gordura no GPD de bovinos. Por outro lado, alguns autores obtiveram resultados positivos (Silva et al., 2007; Fiorentini et al., 2012; Rosa et al., 2013; Barducci et al., 2015) e outros negativos (Pavan et al., 2007; Gibb et al., 2004) para a suplementação de gordura em relação ao GPD. Uma vez em que o GPD não foi afetado no presente estudo, não se esperava que o PCF, PCQ e RC tivessem diferenças com a suplementação de óleo de milho.

A tendência para a EA 7,5% maior dos animais suplementados com óleo de milho é corroborada por vários estudos com diferentes fontes de gordura (Zinn, 1989; Brandt et al., 1990; Zinn & Placencia, 1996; Zinn & Shen, 1996; Ramirez & Zinn, 2000; Zinn et al., 2000; Krehbiel et al., 2006; Putrino et al., 2006; Rosa et al., 2013; Barducci et al., 2015) e é uma consequência do ELm 5,28% e ELg 6,56% maior das dietas contendo 3% de óleo de milho.

Barducci et al. (2015) observaram 8,23%, Putrino et al. (2006) relataram 13,33% e Rosa et al. (2013) reportaram 27,27% de aumento na EA comparada com as dietas sem inclusão de gordura suplementar. Krehbiel et al. (2006) relataram em sua revisão que a suplementação com gordura causou efeito quadrático na eficiência alimentar dos animais, com resposta máxima com suplementação de 0,43 Mcal de EM de gordura por kg de MS da dieta.

Por outro lado, há informações limitadas sobre a suplementação de gordura em bovinos alimentados com dietas contendo grãos de destilaria. Burhoop et al. (2018) comparou uma dieta controle (43,75% milho laminado a seco + 43,75% de milho grão úmido) com 3 dietas contendo: a) 40% de MDGS com remoção parcial de óleo; b) 38% de MDGS com remoção parcial de óleo e adição de 2% de óleo de milho e c) 40% de MDGS sem extração de óleo. O óleo de milho diminuiu o CMS em 7,6% e melhorou a CA em 4,9% para os animais alimentados com MDGS com remoção parcial de óleo, sem afetar as características de carcaça. Winders et al. (2019) relataram queda de 4,3% no CMS e melhora da conversão alimentar em 7,0% para bovinos em confinamento alimentados com dietas contendo 15% de WDGS e 3,0% de óleo de milho como fonte de gordura suplementar quando comparados com bovinos alimentados com dietas sem a adição de suplementação com gordura. As características de carcaça não foram afetadas pela suplementação com óleo de milho. Esses dados corroboram com os resultados do presente estudo.

Na Tabela 10 são apresentados os valores de energia das dietas experimentais.

Tabela 10. Valores observados de energia líquida e sua relação com os valores esperados de energia.

Variáveis	Sem óleo				Com óleo				EPM	Probabilidade		
	0	15	30	45	0	15	30	45		Níveis	Óleo	Interação
ELm obs.	1.83	1.98	1.92	2.04	2.04	2.03	1.90	2.21	0.1041	0.0697	0.0459	0.4438
ELg obs.	1.19	1.32	1.27	1.37	1.34	1.37	1.26	1.52	0.0928	0.1243	0.0463	0.6098
ELm Obs/esp	0.98	1.02	0.95	0.97	1.04	1.00	0.90	1.01	0.0542	0.0066	0.0619	0.4344
ELg Obs/esp	0.97	1.03	0.94	0.97	1.03	1.00	0.88	1.02	0.0725	0.0238	0.1417	0.6352

ELm = energia líquida de manutenção; ELg = energia líquida de ganho; ELm Obs/esp = Relação observada:esperada para energia líquida de manutenção; ELg Obs/esp = Relação observada:esperada para energia líquida de ganho.

Não houve interação ($P>0.05$) entre a inclusão de óleo e os níveis de WDBS nos valores de energia líquida de ganho (ELg) e para manutenção (ELm) observada das dietas, bem como para a relação ELm observada:esperada e ELg observada:esperada.

A análise de regressão das variáveis ELm observada e ELg observada das médias dos tratamentos são apresentadas na Tabela 11.

Tabela 11. Análise de regressão dos valores observados de energia líquida de manutenção e de ganho.

Variáveis	Níveis				Média	EPM	Probabilidade		R ²	Equação
	0	15	30	45			Linear	Quadrática		
Elm obs.	1,93	2,00	1,91	2,12	1,99	0,0563	0.0820	0.2243	0,0495	$y = 0,000023x^3 - 0,0014x^2 + 0,020x + 1,935$
Elg obs.	1,27	1,35	1,26	1,45	1,33	0,0508	0.0525	0.2998	0,0621	$y = 0,000021x^3 - 0,0013x^2 + 0,020x + 1,27$

ELm = energia líquida de manutenção; ELg = energia líquida de ganho

O aumento na inclusão de WDBS na dieta aumentou de forma linear ($P < 0.10$) as ELM e ELG observadas (Tabela 11). Na média, as dietas contendo 45% de WDBS apresentaram 9,85% maior concentração de ELM e 14,17% maior ELG que as dietas controle. Considerando a inclusão de WDBS de 45% nessa comparação, a ELM do WDBS foi 21,9% maior que a da mistura substituída de milho, polpa, farelo de soja e uréia, enquanto a ELG do WDBS foi 32,7% maior que da respectiva mistura.

Considerando apenas os dados dos tratamentos sem adição de óleo de milho, a dieta contendo 45% de WDBS apresentou 11,47% maior concentração de ELM e 15,12% maior concentração de ELG que a dieta controle. Considerando a inclusão de WDBS de 45%, a ELM do WDBS foi 25,5% maior que a da mistura substituída de milho, polpa, farelo de soja e uréia, enquanto a ELG do WDBS foi 33,6% maior que da respectiva mistura.

Com base nos dados deste estudo e assumindo os valores tabulares do NASEM (2016) para o milho moído, a polpa cítrica e o farelo de soja, a ELM do WDBS, quando incluído na dieta no nível de 45% e sem a adição de óleo, deve ser ao redor de 2,33 Mcal/kg MS. Esse valor é inferior ao valor tabular do WDGS, assumido como esperado no presente estudo para o WDBS. Esse fato ajuda a explicar o valor abaixo de 1 (0,97) para a relação ELM observada:ELM esperada para o tratamento com 45% de WDBS sem adição de óleo.

Fontes de gordura são incluídas nas dietas de bovinos em terminação para aumentar a densidade energética das mesmas. Zinn (1989), Zinn & Shen (1996), Zinn & Plascencia (1996), Ramirez & Zinn (2000) e Zinn et al. (2000) relataram aumentos na ELM e na ELG das dietas suplementadas com graxa amarela, sebo ou com gordura protegida. No presente estudo, a suplementação com 3,0% de óleo degomado de milho aumentou a densidade energética em comparação com as dietas sem suplementação adicional de gordura independentemente dos níveis de inclusão de WDBS ($P < 0,05$). As dietas do presente estudo continham polpa cítrica e WDBS, ingredientes ricos em FDN e pobres em amido, resultando em dietas com níveis de FDN acima de 30%. De acordo com Zinn e Shen (1996) os efeitos da suplementação com gordura sobre a digestibilidade da fibra têm sido inconsistentes, ora com efeito negativo (ZINN & SHEN, 1996), ora sem efeito (ZINN & PLASCENCIA, 1996) da suplementação com graxa amarela. Zinn et al. (2000) relataram efeito negativo da graxa amarela mas não de gordura protegida na

digestibilidade da fibra em bovinos confinados.

A inclusão de níveis altos de gordura combinado a inclusões mais altas de WDBS, resultando em uma dieta com EE acima de 7,0% não aumentou a relação Energia observada:Energia esperada. O mesmo foi observado por Zinn e Plascencia (2002) ao estudarem a inclusão de 0, 3, 6 e 9% de sebo em dietas de confinamento. A relação ELM observada:ELM esperada foi 1,03 na dieta com 3% de sebo contra 0,9 na dieta com 9% de sebo. Os autores concluíram que o valor energético da fonte de gordura varia conforme o consumo total de gordura, o que pode ter diminuído o valor energético do óleo degomado de milho para os tratamentos com inclusões acima de 30% de WDBS.

5 CONCLUSÃO

O WDBS apresentou nas condições do experimento valor energético maior que as combinações milho, polpa cítrica, farelo de soja e ureia utilizadas no presente estudo, que resultou em melhor eficiência alimentar dos animais alimentados com este coproduto.

O WDBS testado no presente estudo e incluído em nível de 15% na dieta, é fonte proteica alternativa as combinações milho, polpa cítrica e farelo de soja.

A inclusão de óleo degomado de milho na dieta é estratégia eficaz para aumentar a densidade energética da dieta e a eficiência alimentar dos animais.

A interação óleo degomado de milho e WDBS para consumo de alimentos precisa ser estudada de forma mais aprofundada.

REFERÊNCIAS

AINES, G.; KLOPFENSTEIN, T.; STOCK, R. Distillers Grains. MP51, Nebraska Agric. Res. Div, Lincoln, 1987.

A.J. FOTH, T. BROWN-BRANDL, K.J. HANFORD, P.S. MILLER, G. GARCIA GOMEZ, P.J. KONONOFF. 2015. Energy content of reduced-fat dried distillers grains with solubles for lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, In Press, Corrected Proof, Available online 29 July 2015.

A.J.C. NUÑEZ, T.L. FELIX, S.C. LOERCH, J.P. SCHOONMAKER. 2015. 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*, Volume 207, Pages 267-273.

AFERRI, G.; LEME, P.R.; SILVA, S. da L. e; PUTRINO, S.M.; PEREIRA, A.S.C. Desempenho e características de carcaça de novilhos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de lipídios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, p.1651-1658, 2005. DOI: 10.1590/S1516-35982005000500027.

ALLEN, M.S. Effects of diet on short term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.83, p.1598-1624, 2000. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302(00)75030-2.

ALLEN, M.S. Drives and limits to feed intake in ruminants. **Anim. Prod. Sci.**, 54, p. 1513-1524, 2014.

AL-SUWAIEGH, S. et al. Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *Journal of Animal Science*, v.80 p.1105–1111, 2002.

ARAUJO, D.B.; COOKE, R.F.; HANSEN, G.R.; STAPLES, C.R.; ARTHINGTON, J.D. Effects of rumen protected polyunsaturated fatty acid supplementation on performance and physiological responses of growing cattle after transportation and feedlot entry. *Journal of Animal Science*, v.87, p.4120-4132, 2010.

ARIAS, R. P. et a., Effects of feeding corn modified wet distillers grain plus solubles co- ensiled with direct-cut forage on feedlot performance, carcass characteristics, and diet digestibility of finishing steers¹. *Journal of Animal Science*. v. 90, p. 3574-3583, 2015.

ARMENTANO, L. E. AND M. PEREIRA. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *J. Dairy. Sci.* 80:1416-1425.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15th ed. Arlington, v. 1, p. 1117, 1990.

BALIEIRO NETO, G.; MELOTTI, L. Efeitos de níveis de sebo sobre a degradabilidade in situ do farelo de soja e do feno de Tifton (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.) em vacas secas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 44, n.4, p. 243-253, 2007.

BELYEA, R. L., K. D. RAUSCH, AND M. E. TUMBLESON. 2004. Composition of corn and distillers dried grains with solubles from dry grind ethanol processing. *Bioresource Tech.* 94:293-298.

BENTON, J. R., A. K. WATSON, G. E. ERICKSON, T. J. KLOPFENSTEIN, K. J. VANDER POL, N. F. MEYER, AND M. A. GREENQUIST. 2015. Effects of roughage source and inclusion in beef finishing diets containing corn wet distillers grains plus solubles. *J. Anim. Sci.* 93:4358-4367.

BORTOLETTO, A. M.; ALCARDE, A. R. Dominante nos EUA, etanol de milho é opção, no Brasil, para safra excedente. 13. ed. Piracicaba: Visão Agrícola, 2015. p. 3.

BRANDT, R. T. JR; ANDERSON S. J. Supplemental fat source affects feedlot performance and carcass traits of finishing yearling steers and estimated diet net energy value. **J Anim Sci**, 1990; 68:2208–16.

BRANDT JR., R.T.; ANDERSON, S.J. Use of supplemental fat to optimize net energy intake by feedlot cattle. In: SYMPOSIUM: INTAKE BY FEEDLOT CATTLE, 1995, Stillwater. Proceedings. Stillwater: Oklahoma State University, 1995. p.303-311.

BREMER, V. R., J. R. BENTON, M. K. LUEBBE, K. J. HANFORD, AND G. E. ERICKSON. 2009. Wet distillers grains plus solubles or solubles in feedlot diets containing wet corn gluten feed. *Neb. Beef Cattle Rep.* 64-65.

BREMER, M. L. 2014. Energy value of de-oiled distillers grains plus solubles in beef cattle diets. University of Nebraska Theses and dissertations in Animal Science. 103.

BREMER, M. L., C. J. BITTNER, D. B. BURKEN, G. E. ERICKSON, AND J. C. MACDONALD. 2015. Response to increasing concentrations of de-oiled modified distillers grains plus solubles in beef feedlot diets. *Neb. Beef Cattle Rep.* 74-76.

BREMER, V. R., A. K. WATSON, A. J. LISKA, G. E. ERICKSON, K. G. CASSMAN, K. J. HANFORD, AND T. J. KLOPFENSTEIN. 2011. Effect of distillers grains moisture and inclusion level in livestock diets on greenhouse gas emissions in the corn-ethanol-livestock life cycle. *The Professional Animal Scientist.* 27:449-455.

BRINDLEY, D.N. Digestion, absorption and transport of fats: general principles. In: WISEMAN, J. (ed.) **Fats in Animal Nutrition**. Butterworths: London, p. 85–103, 1984.

BUCKNER, C. D., M. F. WILKEN, J. R. BENTON, S. J. VANESS, V. R. BREMER, T. J. KLOPFENSTEIN, P. J. KONONOFF, AND G. E. ERICKSON. 2011. Nutrient variability for distillers grains plus solubles and dry matter determination of ethanol byproducts. *The Professional Animal Scientist*. 27:57-64.

BURHOOP, J. E. 2017. Evaluation of distillers grains components for finishing beef cattle. University of Nebraska Theses and dissertations in Animal Science. 103.

BURHOOP, J. E., L. J. SCHNEIDER, C. J. BITTNER, F. H. HILSCHER, J. C. MACDONALD, R. A. MOXLEY, D. R. SMITH, and G. E. ERICKSON. 2017. Evaluation of the value of fiber in distillers grains plus solubles on performance of finishing cattle. *MP* 104:90-91.

BURHOOP, J. E. et. al. Impact of corn oil removal from modified distillers grains plus solubles and supplemental corn oil on finishing cattle performance. *Nebraska Beef Cattle Report*, p. 102-104, 2018.

BURKEN, D. B., B. L. NUTTELMAN, M. J. JOLLY-BREITHAUPT, J. L. GRAMKOW, S. E. GARDINE, T. J. KLOPFENSTEIN, J. C. MACDONALD, and G. E. ERICKSON. 2017. Digestibility and performance of steers fed varying inclusions of corn silage and modified distillers grains with solubles to partially replace corn in finishing diets. *Transl. Anim. Sci.* doi:10.2527/tas2017.0046

BYERS, F.M.; SCHELLING, G.T. Lipids in ruminant nutrition. In: CHURCH, D.C. (ed.) **The ruminant animal: digestive, physiology and nutrition**. Waveland Press: New Jersey, USA, p.298-312, 1993.

CARLSON, Z. E., G. E. ERICKSON, J. C. MACDONALD, AND M. K. LUEBBE. 2016. Evaluation of the relative contribution of protein in distillers grains in finishing diets on animal performance. *Nebraska Beef Cattle Report*. MP 103:132-134.

CASTILLO-LOPEZ, E., T. J. KLOPFENSTEIN, S. C. FERNANDO, AND P. J. KONONOFF. 2013. In vivo determination of rumen undegradable protein of dried distillers grains with solubles and evaluation of duodenal microbial crude protein flow. *J. Anim. Sci.* 91:924-934.

CHALUPA, W.; RICKABAUGH, B.; KRONFELD, D.S.; SKLAN, D. Rumen Fermentation In Vitro as Influenced by Long Chain Fatty Acids. **J Dairy Sci** 67:1439 – 1444, 1984.

CHOI, S. H., G. O. GANG, J. E. SAWYER, B. J. JOHNSON, K. H. KIM, C. W. CHOI, AND S. B. SMITH. Fatty acid biosynthesis and lipogenic enzyme activities in subcutaneous adipose tissue of feedlot steers fed supplementary palm oil or soybean oil. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 5, p. 2091-2098, 2013.

COLE, N.A., K. MCCUISTION, L.W. GREENE, and F. T. MCCOLLUM. 2011. Effects of concentration and source of wet distillers grains on digestibility of steam-flaked corn-based diets fed to finishing steers. *Prof. Anim. Sci.* 27:302-311.

CORONA, L.; OWENS, F.N.; ZINN, R.A. Impact of corn vitreousness and processing on site and extent of digestion by feedlot cattle. *Journal Animal Science*, v. 84, p. 3020–3031, 2006.

CORRIGAN, et al. Effect of corn processing method and corn wet distillers grains plus solubles inclusion level in finishing steers. *Journal of Animal Science*. v. 87, p.3351–3362, 2009.

COSTA, Q.P.B. et. al. Desempenho e características da carcaça de bovinos alimentados com dietas com caroço de algodão. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte, v.63, n.3, p.729-735, 2011.

DEPENBUSCH, B. E., E. R. LOE, J. J. SINDT, N. A. COLE, J. J. HIGGINS, and J. S. Drouillard. 2009. Optimizing use of distiller's grains in finishing diets containing steam-flaked corn. *J. Anim. Sci.* 87:2644-2652.

DEVENDRA, C, AND LEWIS D. The interaction between dietary lipids and fibre in the sheep. **Anim Prod**;19:67-76, 1974.

DÍAZ-ROYÓN, F., A. GARCIA, AND K. A. ROSENTRATER. 2012. Composition of fat in distillers grains. Agricultural and Biosystems engineering Publications. Iowa State University.

DREWNOSKI , M. E., D. J. POGGE, AND S. L. HANSEN. 2014. High-sulfur in beef cattle diets: A review. *J. Anim. Sci.* 92:3763-3780.

DROUILLARD, J. S.; FLAKE, A. S.; Kuhl, G. L. Effects of added fat, degradable intake protein, and ruminally protected choline in diets of finishing steers. *Cattlemen's Day Rep. Prog.* 804. Kansas Agric. Exp. Sta., Manhattan, p 71–75, 1998.

ELLIOTT, J.P.; DRACKLEY, J.K.; WEIGEL, D.J. Digestibility and effects of hydrogenated palm fatty acid distillate in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.79, p.1031-1039, 1996.

ERICKSON, G. E., T. J. KLOPFENSTEIN, D. C. ADAMS, AND R. J. RASBY. 2007. General overview of feeding corn milling co-products to beef cattle. In: *Corn Processing Co-Products Manual: A review of current research on distillers grains and corn gluten*. Published by the Nebraska Corn Board.

FIORENTINI, G. Fontes lipídicas na terminação de novilhas. 2009. 57p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GALYEAN, M. L.; GLEGHORN, J. F. Summary of the 2000 Texas Tech University Consulting Nutritionist Survey. Burnett Cent. **Internet Prog. Rep.** No. 12, 2001.

GALYEAN, M. L., N. A. COLE, M. S. BROWN, J. C. MACDONALD, C. H. PONCE, AND J. S. SCHUTZ. 2012. Utilization of wet distillers grains in high-energy beef cattle diets based on processed grain. In H. P. S. Makkar, editor, *Biofuel co-products as livestock feed - Opportunities and challenges*. FAO. Rome, Italy. p. 61-76.

GALYEAN, M. L., AND P. J. DEFOOR. 2003. Effects of roughage source and level on intake by feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 81:E8-E16.

GARLAND, A. S. et. al. Evaluation of fractionated distillers grains (high protein and bran plus solubles) on performance and carcass characteristics in finishing diets. *Nebraska Beef Cattle Report*, p. 88-90, 2019.

GARLAND, A. S. et. al. Evaluation of corn bran plus solubles on performance and carcass characteristics in finishing diets. *Nebraska Beef Cattle Report*, p. 91-93, 2019.

GARLAND, A. S. et. al. Evaluation of the energy value and nutrient digestibility of distillers grains that have undergone a fiber separation process in finishing diets. *Nebraska Beef Cattle Report*, p. 94-96, 2019.

GLATZ, J.F.C. et. al. Role of membrane-associated and cytoplasmic fatty acid-binding proteins in cellular fatty acid metabolism. **Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids** 57, 373–378, 1997.

GIBB, D.J.; OWENS, F.N.; MIR, P.S.; MIR, Z.; IVAN, M.; MCALLISTER, T.A. Value of sunflower seed in finishing diets of feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v.82, p.2679-2692, 2004.

HAM G.A. et al., Wet corn distillers byproducts compared with dried corn distillers grains with solubles as a source of protein and energy for ruminants. *Journal of Animal Science*, 72:3246–3257, 1994.

HAMILTON, H. C., J. L. GRAMKOW, J. C. MACDONALD, G. E. ERICKSON, A. K. WATSON, AND T. J. KLOPFENSTEIN. 2017. Relationship between dietary total digestible nutrients and digestible organic matter in beef cattle finishing and growing diets with or without distillers grains. *Nebraska Beef Cattle Report*. MP 104:76-78.

HANSEN, B. H., C. J. BITTNER, B. M. BOYD, F. H. HILSCHER, J. C. MACDONALD, AND G. E. ERICKSON. 2018. Evaluation of corn distillers solubles on finishing steer performance. *Nebraska Beef Cattle Report*. MP 105:94-96.

HESS, B. W.; MOSS, G. E.; HULE, D. C. A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. **J. Anim. Sci.** 86:E188–204, 2008.

HILL, G.M.; WEST, J. W. Rumen protected fat in kline barley or corn diets for beef cattle. Digestibility, physiological and feedlot responses. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 69, p. 3376 – 3388, 1991.

JENKINS, T.C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science.**, v.76, p.3851-3863, 1993.

JENKINS, K. H., K. J. VANDER POL, J. T. VASCONSELOS, S. A. FURMAN, C. T. MILTON, G. E. ERICKSON, AND T. J. KLOPFENSTEIN. 2011. Effect of degradable intake protein supplementation in finishing diets containing dried distillers grains or wet distillers grains plus solubles on performance and carcass characteristics. *The Professional Animal Scientist*. 27:312-318.

JENKINS, T.C.; PALMQUIST, D.L. Effects of fatty acids or calcium soaps on rumen and total nutrient digestibility of dairy rations. **J. Dairy Sci.** 67:987-985, 1984.

JENKINS, T. C., GIMENEZ, T.; CROSS, D. L. Influence of phospholipids on ruminal fermentation in vitro and on nutrient digestion and serum lipids in sheep. **J. Anim Sci.** 67:529, 1989.

JOLLY, M. L., B. L. NUTTLEMAN, D. BURKEN, C. J. SCHNEIDER, T. J. KLOPFENSTEIN, AND G. E. ERICKSON. 2013. Effects of modified distillers grains plus solubles and condensed distillers solubles with and without oil extraction on finishing performance. *Nebraska Beef Cattle Report*. MP 98:64-65.

JOLLY, M. L., B. L. NUTTLEMAN, D. B. BURKEN, C. J. SCHNEIDER, T. J. KLOPFENSTEIN, AND G. E. ERICKSON. 2014. Effects of increasing inclusion of wet distillers grains plus solubles with and without oil extraction on finishing performance. *Nebraska Beef Cattle Report*. MP 99: 81-82.

K. C. SWANSON, A. ISLAS, Z. E. CARLSON, R. S. GOULART, T. C. GILBERY and M. L. BAUER. 2014. Influence of dry-rolled corn processing and increasing dried corn distillers grains plus solubles inclusion for finishing cattle on growth performance and feeding behavior. *Journal of Animal Science*, 2014 92: 6: 2531-2537.

KIM, Y., R. HENDRICKSON, N. S. MOSIER, M. R. LADISCH, B. BALS, V. BALAN, B. E. DALE, B. S. DIEN, AND M. A. COTTA. 2010. Effect of compositional variability of distillers grains on cellulosic ethanol production. *Bioresource Tech.* 101:5385-5393.

KLOPFENSTEIN, T. J., G. E. ERICKSON and V. R. Bremer. 2008. Board-invited review: use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86:1223-1231.

KREHBIEL, C. R. et al. Effect of level and type of fat on subacute acidosis in cattle fed dry-rolled corn finishing diets. **J. Anim. Sci.** 73:2438-2446, 1995.

KREHBIEL, C. R.; CRANSTON, J. J.; MCCURDY, M. P. An upper limit for caloric density of finishing diets. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 13, p. 34-E49, 2006, suplemento.

LEIBOVICH, J.; VASCONCELOS, J.T; GALYEAN, M.L. Effects of corn processing method in diets containing sorghum wet distillers grain plus solubles on performance and carcass characteristics of finishing beef cattle and on in vitro fermentation of diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 87, p. 2124-2132, 2009.

LEME, P.R. **Terminação de novilhos Nelore com dietas com milho grão úmido e sais cálcicos de ácidos graxos: desempenho e perfil de ácidos graxos**. 2003, 35p. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2003.

LUCHIARI FILHO, A. Carcaça bovina. In: **Pecuária da carne bovina**. São Paulo: O Autor, 2000, p. 49-70.

LUNDY, E. L., D. D. LOY, AND S. L. HANSEN. 2015. Influence of distillers grains resulting from a cellulosic ethanol process utilizing corn kernel fiber on nutrient digestibility of lambs and steer feedlot performance. *J. Anim. Sci.* 93:2265-2274.

MACKEN, C.N.; ERICKSON, G.E.; KLOPFENSTEIN, T.J.; STOCK, R.A. Effects of concentration and composition of wet corn gluten feed in steam-flaked corn-based finishing diets. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 82, p. 2718-2723, 2004.

MAYNARD L.A.; LOOSLI, J. K.; HINTZ, H. F.; WARNER, R. G. **Animal nutrition** (7 th Ed.). p. 199 – 200. McGraw- Hill Book Co., New York, 1979.

MERTENS, D.R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 80, p. 1463-1482, 1997.

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; R. A. Aditivos. In: **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Telma Teresinha Berchielli, Alexandere Vaz Pires e Simone Gisele de Oliveira, 2006. Cap.18, p. 539-570, 2006.

NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C.J.; VAN NEVEL, C.J. et al. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N.; STEWART, C.S. (Eds.). **The rumen microbial ecosystem**. 2. ed. London: Blackie Academic & Professional, p.523-632, 1997.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements for dairy cattle**. 6th.ed. Washington: National Academy Press, 1989.

NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE, NASEM. Nutrient requirements of beef cattle: Eight Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press, 2016. doi.org/10.17226/19014.

NGIDI, M.E.; LOERCH, S.C.; FLUHARTY, F.L. et al. Effects of calcium soaps of long-chain fatty acids on feedlot performance, carcass characteristics and ruminal metabolism of steers. **Journal of Animal Science**, v.68, p.2555, 1990.

NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7th edition. Washington, DC: **National Academy of Sciences Press**; 1996.

NRC. Nutritional Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. **Natl. Acad. Sci.**, Washington, DC, 2001.

NUTTLEMAN, B. L., W. A. GRIFFIN, J. R. BENTON, G. E. ERICKSON, AND T. J. KLOPFENSTEIN. 2011. Comparing dry, wet, or modified distillers grains plus solubles on feedlot cattle performance. Nebraska Beef Cattle Report. MP 94: 50-52.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64–75, 2014.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, p. 868-879, 1997.

OWENS, F.N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J.; GILL, D.R. Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, v.76, p.275-286, 1998.

PALMQUIST, D. L. Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. **J Dairy Sci**, 1991; 74:1354–60.

PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W.R.S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (ed.) **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, p. 287-310.

PALMQUIST, D, L; JEKINS, T, C; JOYNER Jr., A, E. Effect of dietary fat and calcium source on in soluble soap formation in the rumen. **Journal of Dairy Science**. 69:1020-1025, 1986.

PAVAN, E.; DUCKETT, S.K.; ANDRAE, J.G. Corn oil supplementation to steers grazing endophyte-free tall fescue. I. Effects on in vivo digestibility, performance, and carcass traits. *Journal of Animal Science*, v.85, p.1330-1339, 2007. DOI: 10.2527/jas.2006-623.

PESTA, A. C., B. L. NUTTELMAN, W. A. GRIFFIN, T. J. KLOPFENSTEIN, AND G. E. ERICKSON. 2012. Feeding condensed distillers solubles in finishing diets containing WDGS or Synergy. *Neb. Beef Cattle Rep.* 66-67.

PESTA, A. C., B. L. NUTTELMAN, A. L. SHRECK, W. A. GRIFFIN, T. J. KLOPFENSTEIN, AND G. E. ERICKSON. 2015. Finishing performance of feedlot cattle fed condensed distillers solubles. *J. Anim. Sci.* 93:4350-4357.

PINTO, A. C. J.; MILLEN, D. D. Situação atual da engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: Sebastião de Campos Valadares Filho et al.. (Org.). **Simpósio de Produção de Gado de Corte** (X Simcorte). 1ed. Viçosa/MG: UFV, 2016, v. 1, p. 103-120.

PUTRINO, S.M. **Exigências de proteína e energia líquidas para o ganho de peso de tourinhos das raças Nelore e Brangus alimentados com dietas com diferentes proporções de concentrado**. Pirassununga: Universidade de São Paulo, 2002. 82p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade de São Paulo, 2002.

R. J. MADDOCK. Effects of distillers dried grains with solubles on growing and finishing steer intake, performance carcass characteristics and steak color and sensory attributes, *Journal of animal Science*. v. 87, p. 4118–4124, 2014.

SAMUELSON K. L. et. al. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. **J. Anim. Sci.** 94:2648–2663, 2016.

SARTURI, J. O., G. E. ERICKSON, T. J. KLOPFENSTEIN, K. M. ROLFE, C. D. BUCKNER, AND M. K. LUEBBE. 2013. Impact of source of sulfur on ruminal hydrogen sulfide and logic for the rumen available sulfur for reducing concept. *J. Anim. Sci.* 91:3352-3359.

SCHMOYER, M. and O. NEUBERT. 1884. Influence of Distillers' Waste on Milk Secretion. *Journal of the Chemical Society (Great Britain)*. Abstract 46(3): 194.

SILVA, S. L.; LEME, P. P.; PUTRINO, S. M.; VALINOTE, A. C.; NOGUEIRA FILHO, J. C. M.; LANNA, D. P. D. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1426-1434, 2007.

SILVA, J. F. C. da; LEÃO, M. I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livroceres, p. 149-165, 1979.

SILVA, S. L. et. al. Milho grão seco ou úmido com sais de cálcio de ácidos graxos para novilhos Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 5, p. 1426-1434, 2007.

SPIEHS M.J., WHITNEY M.H. E SHURSON G.C., Nutrient database for distiller's dried grains with solubles produced from new ethanol plants in Minnesota and South Dakota. *Journal of Animal Science*, 80: 2639–2645, 2002.

SUTTER, F.; CASUTT, M.M.; OSSOWSKI, D.A. et al. Comparative evaluation of rumen-protected fat, coconut oil and various oilseeds supplemented to fattening bulls. 1. Effects on growth, carcass and meat quality. **Archives of Animal Nutrition**, v.53, p.1-23, 2000.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS**: user's guide. Cary, 2003.

STOCK, R. A. et al. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. *Journal of Animal Science*, v.77, p. 1-12, 2000.

TJARDES, J.; WRIGHT, C. Feeding corn distiller's coproducts to beef cattle. August, South Dakota State University Cooperative Extension Service, Dept. of Animal and Range Extension Science, Extra, 2036, p. 1-5, 2002.

VALINOTE, A.C.; NOGUEIRA FILHO, J.C.M.; LEME, P.R. et al. Effect of source monensin on ciliate protozoa in the rumen of Nellore steers. **Tropical and Subtropical Agrosystems**, Mexico, p.151-154, 2003.

VANDER POL, K. J. et al. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. *Journal of animal science*, v. 87, n. 2, p. 639-652, 2009.

VAN SOEST, P. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Comstock: Ithaca, 1994.

VAN SOEST, P.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v. 74, p. 3583, 1991.

VASCONCELOS, J. T.; GALYEAN, M. L. Nutritional recommendations of consulting feedlot nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. *J. Anim. Sci.* 85:2772–2781, 2007.

WEISS, W.P.; CONRAD, H.R.; PIERRE, R.S. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. **Animal Feed Science and Technology**, London, v.39, p.95-119, 1992.

WILES, P.G.; GRAY, I.K.; KISSLING, R.C. Routine analysis of protein by Kjeldahl and Dumas Methods: review and inter laboratory study using dairy products. **Journal of AOAC International**, Gaithersburg, v. 81, p. 620-632, 1998.

WINDERS, T. M. et. al. Corn oil supplementation on performance and methane production in finishing steers. *Nebraska Beef Cattle Report*, p. 60-62, 2019.

ZINN, R. A. Effects of excessive supplemental fat on feedlot cattle growth performance and digestive function. **Prof. Anim. Sci.** 10:66–72, 1994.

ZINN, R.A.; SHEN, Y. Interaction of dietary calcium and supplemental fat on digestive function and growth performance in feedlot steers. *Journal of Animal Science*, v.74, p.2303-2309, 1996.

ZINN, R.A.; S.K. GULATI, A. Plascencia, and J. Salinas. 2000. Influence of ruminal biohydrogenation on the feeding value of fat in finishing diets for feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 78:1738

ZINN, R. A.; JORQUERA, A. P. Feed value of supplemental fats used in feedlot cattle diets. **Veterinary Clinics Food Animal**, v.23, p.247-268, 2007.