

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

**Níveis de inclusão de farelo seco de milho com solúveis de destilaria e de
bagaço de cana-de-açúcar em dietas para bovinos em terminação**

Alecsander Alves Almeida

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

Piracicaba
2024

Alecsander Alves Almeida
Bacharel em Zootecnia

Níveis de inclusão da fibra seca de milho com solúveis de destilaria e de bagaço de cana-de-açúcar 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
2024**

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

Almeida, Alecsander Alves.

Níveis de inclusão da fibra seca de milho com solúveis de destilaria e de bagaço de cana-de-açúcar em dietas para bovinos em terminação / Alecsander Alves Almeida. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2024.

76p.

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

1. Coprodutos 2. Desempenho 3. Metabolismo 4. pHrimal I. Título

DEDICO

*Aos meus avós, **Cleide e José Alves**, pelo carinho e apoio.*

*Aos meus pais **Luiz e Camila**, pela educação e suporte, e a minha esposa **Jéssica**, por todo bem que me faz.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida.

Para concluir esse trabalho com êxito, várias pessoas foram importantes nesse processo e me ajudaram, então, recebam meu agradecimento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Flávio Augusto Portela Santos, pela oportunidade de me fazer um integrante de sua equipe e realizar o experimento, por toda atenção, suporte, paciência e amizade durante esta jornada. Sempre foi e sempre será uma referência em minha vida.

Minha família, que é, e sempre será minha base. Ao meu pai, Luiz Gustavo Nussio que serve como exemplo dentro e fora de casa, me faz enxergar a vida por outra perspectiva e minha mãe Camila Alves, que pelo fato de ser mãe, isso já diz tudo. Aos meus avós Cleide Alves e José Roberto Alves por todo suporte, incentivo e carinho durante todos os momentos de minha vida, e a minha esposa Jessica, por toda colaboração, companheirismo e amor depositados durante todo esse processo. Em nome deles estendo a gratidão aos meus familiares.

Ao Prof. Dr. Daniel Polizel, por toda atenção, solicitude, paciência e ensinamentos dentro e fora de aula que levarei para sempre comigo.

Ao Prof. Dr. Rodrigo Goulart por fazer parte deste momento e por contribuir com seus conhecimentos enriquecedores para esta etapa de minha vida.

Aos integrantes dos grupos Nutribov, CPZ, LNRA e Capim, por toda ajuda, alegria e aprendizados durante o processo, em especial aos amigos: Bruno Dias, Bárbara Brixner, Larissa Coelho, Silvio Antunes, Daiane, Mário Olímpio, Marcelo Baggio e Migue Chase. Ao Gustavo, Joel e Natasha por toda ajuda e suporte durante os experimentos de metabolismo; vocês foram essenciais.

Agradeço aos funcionários, em especial ao Richard, que sempre foi minha base de apoio durante todo o experimento e ensinamentos adquiridos, ao Elvis, por tudo suporte e condução do manejo dos animais sempre que necessários, por todos aprendizados e momentos de descontração ali vividos. A Luciana, por toda colaboração e ajuda durante a fase laboratorial, estendo, assim, a todos outros funcionários do Departamento de Zootecnia da Esalq.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo pela oportunidade e pela contribuição a minha formação.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia da Esalq, em especial aos professores Alexandre Vaz Pires, Carla Bittar e Sila Carneiro da Silva.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal e Pastagens e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À empresa FSBioenergia pelo financiamento do projeto, a oportunidade e confiança depositados em nossa equipe (NUTRIBOV).

Muito obrigado.

“Crê em ti mesmo, age e verá os resultados. Quando te esforças, a vida também se esforça para te ajudar”.

Chico Xavier

Sumário

RESUMO.....	7
ABSTRACT.....	8
LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE ABREVIACÕES.....	11
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISO DE LITERATURA	17
2.1 Produção de coprodutos a partir do etanol.....	17
2.2 Processamento do milho para a produção de etanol.....	18
2.3 Uso de coprodutos em dietas de confinamento.....	20
2.4 Uso de volumoso em dietas de confinamento.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Experimento 1: Ensaio de Metabolismo.....	25
3.1.2 Animais, dietas e local.....	25
3.1.3 Coleta de amostras.....	30
3.2 Experimento 2: Ensaio de Metabolismo.....	33
3.2.1 Animais, dietas e local.....	33
3.3 Experimento 3: Desempenho animal.....	34
3.3.1 Animais, dietas e local.....	34
3.3.2 Amostragem e medidas de carçaça.....	36
3.3.3 Análise Estatística.....	38
4. RESULTADOS	41
4.1 Experimento 1.....	41
4.2 Experimento 2.....	46
4.3 Experimento 3.....	50
5. DISCUSSO	55
5.1 Níveis de bagaço de cana-de-açúcar na dieta de bovinos em terminação.....	55
5.2 Níveis de DFS em dietas para bovinos em terminação.....	58
LITERATURA CITADA	65

RESUMO

Níveis de inclusão da fibra seca de milho com solúveis de destilaria e de bagaço de cana-de-açúcar em dietas para bovinos em terminação

Três experimentos foram realizados para avaliar teores de inclusão da fibra seca de milho com solúveis de destilaria (DFS), 0, 20, 40 e 60% e de bagaço de cana-de-açúcar (5.3% e 9.3% da MS) em dietas contendo milho flint moído (1,7mm *TMP*) para bovinos em terminação. Foram avaliados o desempenho, as características de carcaça, os parâmetros de fermentação ruminal e a digestibilidade dos nutrientes. No **experimento 1**, 28 novilhos Nelore com fístula ruminal foram blocados de acordo com peso corporal inicial (PC 465 ± 29.44 kg), e dentro dos blocos ($n = 7$), os animais foram aleatoriamente designados para receber dietas contendo 5,3% de bagaço de cana-de-açúcar com a inclusão de 0, 20, 40 ou 60% de DFS em substituição parcial ao milho e total ao farelo de soja. O período experimental durou 21 dias, sendo 14 dias de adaptação e 7 dias de amostragem. Houve interação entre tratamento e horário de amostragem para as proporções molares de acetato ($P=0,0043$), propionato ($P=0,0183$), isovalerato ($P=0,0025$) e para a relação AcBut:Prop ($P=0,0526$). A inclusão de DFS até 60% na dieta causou aumento linear na proporção molar de isobutirato e redução linear na concentração total de AGV ($P=0,0122$) e de amônia ruminal ($P<0,0001$). No **experimento 2**, 28 novilhos Nelore com fístula ruminal foram blocados pelo peso corporal inicial (480 ± 32 kg), e dentro dos blocos ($n = 7$), os animais foram aleatoriamente designados para receber dietas contendo 9,3% de bagaço de cana de açúcar com inclusão de 0, 20, 40 ou 60% de DFS. O período experimental foi o mesmo descrito no Exp. 1. A inclusão de DFS até 60% na dieta causou redução linear na digestibilidade da MS ($P=0,0027$), da MO ($P=0,0031$), da PB ($P=0,0459$) e de CHOT ($0,0024$). Houve interação entre tratamento e horário de amostragem para as proporções molares de acetato na hora 21 ($P=0,0022$), propionato ($P=0,0144$) e butirato nas horas 15, 18 e 21 ($P=0,0099$), valerato na hora 21 ($P=0,0137$) e amônia ruminal nas horas 0 e 9 ($P=0,0004$). A inclusão de até 60% de DFS na dieta causou redução linear na proporção molar de isobutirato ($P=0,0524$) e de isovalerato ($P=0,0288$) e causou aumento linear do pH ruminal ($P=0,0491$). No **experimento 3**, 368 machos não castrados da raça Nelore foram distribuídos pelo peso inicial (369.65 ± 34.92 kg), alocados em 56 baias experimentais em delineamento de blocos completos casualizados ($n = 6$ animais por baia em 40 baias, e 8 animais por baia nas demais 16 baias) em um arranjo fatorial 2×4 com 7 repetições, sendo o Fator 1 a inclusão de 5,3 ou 9,3% de bagaço de cana-de-açúcar e o Fator 2 a inclusão de 0, 20, 40 ou 60% de DFS na dieta em substituição parcial ao milho Flint e total ao farelo de soja. O período experimental teve duração de 112 dias. Não houve interação entre bagaço de cana-de-açúcar e nível de inclusão de DFS. A redução de 9,3 para 5,3% de bagaço na dieta reduziu o CMS ($P=0,0006$), sem alteração no GMD dos animais e com tendência de aumento na eficiência alimentar ($P=0,0915$) e no rendimento de carcaça ($P=0,07$). A inclusão de DFS, em até 60% da dieta resultou em aumento linear no peso corporal final ($P=0,0052$) e de carcaça quente ($P= 0,0329$) e um aumento quadrático no GPD ($P=0,0227$), na eficiência alimentar ($P=0,0462$). Foi observada tendência de aumento quadrático na Elm observada ($P=0,0888$) e ELg observada ($P=0,0889$) das dietas com a inclusão de DFS até 60%. A eficiência de uso da energia foi otimizada com a inclusão de 20% de DFS na dieta.

Palavras-chave: Coprodutos, Desempenho, Metabolismo, Ph ruminal.

ABSTRACT**Inclusion levels of dry corn fiber with distiller's solubles and sugarcane bagasse in diets for finishing cattle**

Three experiments were carried out to evaluate inclusion contents of dry corn bran/Fiber plus distillery solubles (DFS), 0, 20, 40 and 60% and sugarcane bagasse (5.3% and 9.3% of diet DM) in diets containing “flint” ground corn (1,7mm MPS) for finishing cattle. Performance, carcass traits, ruminal fermentation parameters and nutrient digestibility were evaluated. In **experiment 1**, 28 Nellore steers with ruminal fistula were blocked according to initial body weight (BW 465 ± 29.44 kg), and within blocks (n = 7), animals were randomly assigned to receive diets containing 5.3% sugar cane bagasse with the inclusion of 0, 20, 40 or 60% of DFS in partial replacement of corn and total replacement of soybean meal. The experimental period lasted 21 days, with 14 days of adaptation and 7 days of sampling. There were interactions between treatment and sampling time for the molar proportions of acetate (P=0.0043), propionate (P=0.0183), isovalerate (P=0.0025) and for the AcBut:Prop ratio (P=0.0526). The inclusion of DFS up to 60% in the diet caused a linear increase in the molar proportion of isobutyrate, and a linear reduction in the total concentration of VFA (P=0.0122) and rumen ammonia-N (P<0.0001). In **experiment 2**, 28 Nellore steers with ruminal fistula were blocked by initial body weight (480 ± 32 kg), and within the blocks (n = 7), the animals were randomly assigned to receive diets containing 9.3% sugarcane bagasse with inclusion of 0, 20, 40 or 60% DFS. The experimental period was the same described in Exp. 1. The inclusion of DFS up to 60% in the diet caused a linear reduction in the digestibility of DM (P=0.0027), OM (P=0.0031), CP (P =0.0459) and TCHO (0.0024). There were interactions between treatment and sampling time for the molar proportions of acetate at hour 21 (P=0.0022), propionate (P=0.0144), butyrate at hours 15,18 and 21 (P=0.0099), valerate at hour 21 (P=0.0137) and rumen ammonia-N at hours 0 and 9 (P=0.0004). The inclusion of up to 60% DFS in the diet caused a linear reduction in the molar ratio of isobutyrate (P=0.0524) and isovalerate (P=0.0288) and caused a linear increase in ruminal pH (P=0.0491). In **experiment 3**, 368 Nellore bulls were distributed by initial weight (369.65 ± 34.92 kg), allocated in 56 experimental pens in a completely randomized block design (n = 6 animals per pen in 40 pens, and 8 animals per pen in the other 16 pens) in a 2×4 factorial arrangement with 7 replications, with Factor 1 being the inclusion of 5.3 or 9.3% of sugarcane bagasse and factor 2 being the inclusion of 0, 20, 40 or 60% of DFS in the diet in partial replacement of flint corn and total replacement of soybean meal. The experimental period lasted 112 days. There were no interactions between sugarcane bagasse and DFS inclusion level. The reduction from 9.3 to 5.3% of bagasse in the diet reduced the DMI (P=0.0006), without changing the ADG of the animals and with a trend towards an increase in feed efficiency (P=0.0915) and carcass dressing (P=0.07). The inclusion of DFS up to 60% of the diet resulted in a linear increase in final body weight (P=0.0052) and hot carcass weight (P= 0.0329) and a quadratic increase in ADG (P=0.0227) and in the feed efficiency (P=0.0462). There was a tendency for a quadratic increase in observed NEm (P=0,0888) and in NEg (P=0,0889) as DFS was fed up to 60% of the diet. Energy use efficiency was optimized with the inclusion of 20% DFS in the diet.

Keywords: Co-products, Performance, Metabolism, Ruminal ph.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Dois processos de produção de etanol a partir de grãos de milho e sua diferença básica em subprodutos (IRAM 2020).....	19
Figura 2. Processo de extração de etanol a partir do milho com a separação da fibra antes da etapa de fermentação (FiberSeparation Technology™). Adaptado de Garland (2018).	19
Figura 3. Gráfico bisáfico dos mecanimos reguladores de consumo (MERTENS 1987).....	23
Figura 4. Modelo pelo qual o consumo pode ser regulado de acordo com a teoria da oxidação hepática (ALLEN 2009).	24
Figura 5. Interação tratamento x hora para Acetato.	45
Figura 6. Interação tratamento x hora Propionato.	45
Figura 7. Interação tratamento x hora Isovalerato.	45
Figura 8. Interação tratamento x hora AcBut:Propionato	46
Figura 9. Interação tratamento x hora Acetato.	49
Figura 10. Interação tratamento x hora Butirato.	49
Figura 11. Interação tratamento x hora Valerato.....	50
Figura 12. Interação tratamento x hora Amônia ruminal.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do WBS e DBS em diferentes trabalhos da literatura.	20
Tabela 2. Perfil nutricional das dietas ofertadas durante o Exp. 1,2 e 3.	26
Tabela 3. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.	28
Tabela 4. Tamanho médio e distribuição de partícula do milho moído para o Exp. 1, 2 e 3.	29
Tabela 5. Composições da mistura mineral vitamínico	30
Tabela 6. Tamanho médio e distribuição do tamanho de partícula do bagaço de cana e das dietas totais (TMR).	35
Tabela 7. Consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhos Nelore alimentados com dietas contendo níveis crescentes de DBS e 5,3% de bagaço de cana-de-açúcar. Exp 1 ¹	42
Tabela 8. Concentrações ruminais de ácidos graxos voláteis (AGV) e pH de novilhos Nelore recebendo dietas contendo níveis crescentes de DBS com maior inclusão de bagaço de cana-de-açúcar Exp 1 ¹	44
Tabela 9. Consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhos Nelore alimentados com dietas contendo níveis crescentes de DBS com maior inclusão de bagaço de cana-de-açúcar. Exp 2 ¹	47
Tabela 10. Concentrações ruminais de ácidos graxos voláteis (AGV) e pH de novilhos Bos indicus recebendo dietas contendo níveis crescentes de DBS com maior inclusão de bagaço de cana-de-açúcar. Exp 2 ¹	48
Tabela 11. Desempenho de bovinos de corte Nelore alimentados com diferentes níveis de DBS e bagaço de cana-de-açúcar. Exp 3.	52
Tabela 12. Efeito dos níveis de bagaço de cana-de-açúcar e de DBS sobre as concentrações de energia das dietas de terminação do Exp 3 ¹	53

LISTA DE ABREVIACÕES

Ac:Pr = relação acetato:propionato; **AGCC** = Ácidos graxos de cadeia curta; **AGV** = ácidos graxos voláteis; **AOL** = Área de olho de lombo; **CMS** = consumo de matéria seca; **CNF** = Carboidratos não-fibrosos; **DBS** = dry corn bran plus solubles; **DDGS** = Dried distiller's grains plus solubles; **EA** = Eficiência alimentar; **EE** = extrato etéreo; **Eg** = energia de ganho; **EGS** = espessura de gordura subcutânea; **EL** = Energia líquida; **Elg** = Energia líquida de ganho; **Elm** = Energia líquida de manutenção; **Em** = Energia de manutenção; **FDA** = fibra insolúvel em detergente ácido; **FDN** = fibra insolúvel em detergente neutro; **GPD** = ganho de peso diário; **HPDG** = High protein Dry Distillers Grains; **MM** = matéria mineral; **MS** = matéria seca; **MO** = matéria orgânica; **N** = nitrogênio; **NDT** = Nutrientes digestíveis totais; **PB** = proteína bruta; **PC** = peso corporal; **PCQ** = peso de carcaça quente; **WDGS** = Wet distillers grains plus solubles; **WFS** = Wet fiber plus solubles

1. INTRODUÇÃO

O milho é o principal grão utilizado nas dietas para bovinos em terminação no Brasil, com predomínio de cultivares do tipo *flint* ou duro, os quais apresentam alta proporção de endosperma vítreo (CORREA et al., 2012). A vitreosidade é definida como a proporção de endosperma vítreo em relação ao endosperma total (vítreo + farináceo) (SHULL et al., 1990), sendo o fator responsável por 86% da variação na digestibilidade ruminal do amido (PHILLIPEAU; DOREAU, 1998). Além de ser o principal grão de cereal utilizado como fonte de energia nas rações para animais monogástricos e ruminantes, o milho vem sendo utilizado cada vez mais para a produção de etanol. A eficiência de produção de etanol a partir do milho pode ultrapassar a 4 mil litros de etanol equivalente por hectare cultivado, produção esta que apresenta baixo impacto ambiental (DE SOUZA et al., 2014). A produção de etanol a partir dos grãos de milho resulta em diferentes coprodutos, os quais podem ser utilizados na alimentação de ruminantes (DICONSTANZO et al., 2015). Tradicionalmente os produtos resultantes do processo de extração do etanol de milho são os DDG (grãos destilados secos), DDGS (grãos destilados secos + solúveis), WDG (grãos destilados úmidos) e WDGS (grãos destilados úmidos + solúveis), além do CDS (solúveis condensados ou xarope), os quais têm sido extensivamente estudados e utilizados em dietas para bovinos terminados em confinamento nos EUA (KLOPFENSTEIN et al., 2008; NASEM, 2016). Atualmente, com mudanças no processo industrial para maior eficiência na produção de etanol, estão surgindo diferentes produtos no mercado além dos tradicionais, como a fibra seca de milho com solúveis de destilaria (*dry bran/fiber plus solubles - DFS*), a fibra úmida de milho com solúveis (*wet bran/fiber plus solubles - WFS*) e grãos destilado de alta proteína (*high protein distillers grains - HPDG*) (GARLAND, 2018; PALOWSKI et al., 2021).

Os produtos de destilaria, como o WDGS e o DDGS, contêm mais energia que o milho e são amplamente utilizados em dietas de crescimento e terminação de gado de corte nos EUA. Esses produtos são ricos em proteína não degradável no rúmen (PNDR), fibra altamente digestível e lipídeos. Além disso, o DDGS pode substituir o milho, e por consequência, reduzir

o amido da dieta, aumentando a segurança da dieta (MACDONALD, 2017). Entretanto, a literatura ainda é incipiente quanto ao uso dos novos coprodutos da indústria de etanol de milho na alimentação animal, como o WFS, o DFS e o HPDG. Os únicos trabalhos disponíveis na literatura revisada com esses novos coprodutos foram conduzidos nos Estados Unidos por Garland et al. (2019a; 2019b; 2019c) e no Brasil por Ferreira et al. (2020), Lima Jr. et al. (2022), Antunes (2020), Moraes (2022) e Brixner (2023). No trabalho de Garland et al. (2019a) o WFS e o HPDG, ambos perfazendo 40% da MS das dietas, tiveram respectivamente 26 e 21% maior valor alimentar $\{(EA \text{ coproduto} / EA \text{ milho}) / \% \text{ coproduto na dieta}\}$ que o milho (dieta controle com 50:50 milho laminado a seco e milho ensilado úmido). Nos trabalhos de Ferreira et al. (2020) e de Antunes (2020), o WFS e o DFS respectivamente, aumentaram o CMS e o GPD dos animais sem efeito na eficiência alimentar dos animais. Nos trabalhos de Lima Jr. et al. (2022), Antunes (2020), Moraes (2022) e de Brixner (2023) o WFS e o DFS apresentaram maior valor energético que as combinações substituídas de milho flint com caroço de algodão e ou com farelo de soja.

Com base no exposto acima, fica evidente a relevância na condução de estudos sobre a utilização de coprodutos da indústria de etanol de milho produzidos no Brasil, na alimentação de bovinos mantidos em nossos sistemas específicos de produção, tanto em pasto, quanto em confinamento.

Outro coproduto produzido por usinas de etanol é o bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, sendo um dos volumosos mais utilizados em dietas para bovinos de corte confinados no Brasil (SILVESTRE E MILLEN, 2021). Esse volumoso é considerado uma boa alternativa em dietas contendo alta energia (GOULART et al., 2020). De acordo com o NASEM (2016), a recomendação de FDNfe (% MS) pode variar de 5 a 8% com um bom manejo de cocho, com alta inclusão de concentrado para otimizar o desempenho animal. Em dietas com teores altos de energia, pequenas variações no nível de volumoso podem causar variações significativas no CMS e de energia dos animais (GALYEAN & DEFOOR, 2003; ARELOVICH et al., 2008).

Os objetivos do presente estudo foram avaliar dois teores de inclusão de bagaço de cana-de-açúcar e 4 teores de DFS sobre os parâmetros de fermentação ruminal e digestibilidade dos nutrientes (Exp. 1 e 2), além do desempenho e parâmetros de carcaça dos animais (Exp. 3).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Produção de coprodutos a partir do etanol

Com o objetivo de reduzir o uso de combustíveis fósseis, principais causadores da emissão de gases de efeito estufa, os biocombustíveis têm se apresentado como alternativa cada vez mais presentes no mundo (ECKERT 2018). Os biocombustíveis são um tipo de combustível renovável e não fóssil, feitos de biomassa que são matérias-primas orgânicas. A produção de milho na safra 2021/22, de acordo com a CONAB (2023), foi de 113.130.400 toneladas, na safra 2022/23, foi de 129.961,6 foi de 131.892.600 toneladas, com previsão para a safra 2023/24 de 113.696.200 toneladas de milho. Já a produção de etanol de milho na safra 2021/22 foi de 3.473.218.000 litros, na safra 2022/23 foi 4.449.359.100 litros, e a estimativa para a safra 2023/24, é de 6.105.698.000 litros (CONAB, 2023).

A produção de etanol de milho tem sido intensamente promovida e aumentada em função de dois principais fatores que a tornaram competitiva e vantajosa. De início, o aumento da produção e da produtividade média de milho no Centro Oeste na última década, resultando em progresso tecnológico com agricultura mais eficiente, e como segundo fator, as vantagens encontradas na estratégia de integração produtiva de cana-de-açúcar e milho, aumentando as diversificações das receitas (DA SILVA 2022). Além disso, o ciclo de colheita do milho é mais rápido, em torno de 4 meses, e a cana de açúcar de 12 a 18 meses, o rendimento de etanol por tonelada é equivalente a cerca de 400-420 litros, e o rendimento de etanol por hectare é 2,5 mil a 3,5 mil litros para a cultura do milho, e para a cana-de-açúcar, de 70 a 90 litros por tonelada, e 7 a 8 mil litros o rendimento por hectare (SCOT CONSULTORIA, 2023).

De acordo com o NASEM (2016) os grãos de destilaria (WDGS e DDGS) apresentam composição nutricional típica de 31% PB, 10,5% de EE, 30% de FDN, 15% de FDA, 0,86% de fósforo e 0,67% de enxofre (NASEM, 2016). Entretanto, a composição de nutrientes dos coprodutos pode ser alterada de acordo com vários fatores como a proporção de xarope (CDS) que é adicionado, a extração parcial do óleo, a eficiência de extração do amido pela indústria e o uso ou não de ácido sulfúrico para controlar a fermentação e que interfere de forma significativa nos teores de S nos produtos. Devido ao grão de milho ser constituído por, aproximadamente, dois terços de amido, e considerando que o processo industrial procura a máxima eficiência para converter essa fração em etanol, os outros constituintes concentram-se nos coprodutos em relação ao milho grão original (LIU, 2011; STOCK et al., 2000). Considerando que as plantas industriais apresentam diferenças de método e da eficiência de conversão de amido até etanol, existem variações consideráveis na composição dos coprodutos originados com especial atenção ao teor de amido residual no coproduto. Em adição, existe variabilidade no teor de proteína e gordura, em função da proporção de adição de frações de

CDS, que difere entre as plantas industriais, bem como variação no teor de enxofre, pois algumas empresas produtoras de coprodutos de etanol utilizam doses variáveis de ácido sulfúrico para o controle do pH do mosto no processo de fermentação. (ANTUNES, 2020; BUCKNER et al., 2008a; GARLAND, 2019; NASEM, 2016). Com base em análises feitas em nosso laboratório na ESALQ, atualmente no Brasil, a maioria das indústrias faz a extração parcial do óleo, resultando em DDGS, WFS e DFS com teores de óleo normalmente entre 6 e 8% da MS.

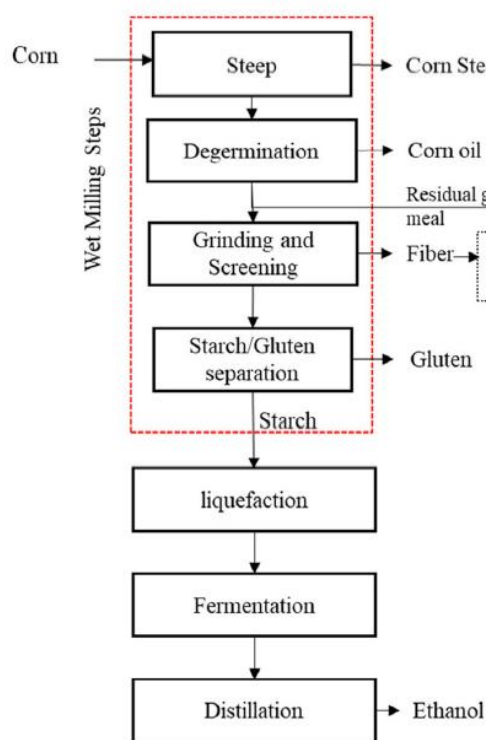
2.2 Processamento do milho para a produção de etanol

Há 2 métodos básicos de processamento de milho para a produção de etanol. Cada um desses métodos de processamento do grão de milho, resulta em diferentes coprodutos, que são largamente utilizados na alimentação animal (NASEM, 2016). O processo de moagem úmida do grão de milho requer mais investimento financeiro, porém, existe uma vantagem em utilizar esse processo que é a produção de coprodutos como gérmen, farelo proteinoso de milho e farelo de glúten de milho (SINGH et al., 2001), podendo ser considerado este método úmido, mais complexo e com produtos mais sofisticados (SILVA et al., 2020). A moagem úmida tem como objetivo isolar e recuperar o amido, e, neste processo acontece a separação do milho em quatro partes, sendo elas, amido, gérmen, fibra e proteína. Podem ser consideradas cinco etapas para que ocorra essa separação, sendo elas maceração, recuperação do germe, recuperação de fibras, recuperação de proteína e lavagem do amido. Na maceração, o milho é emergido em água a 50°C, fazendo com que os grãos absorvam água, aumentando o teor de 15 a 45% e posteriormente é adicionado dióxido de enxofre (SO₂) para evitar o crescimento de bactérias e abrir as pontes de dissulfeto dentro da matriz proteica que envolve os grânulos de amido. O amido produzido pode ser utilizado para a produção de adoçantes ou ser fermentado até etanol (SINGH et al., 2001).

No processo de moagem a seco, primeiro o milho inteiro é moído e posteriormente adicionada água e α -amilase para reduzir a viscosidade do material cozido (IRAM 2020). Este cozimento na presença de enzimas irá permitir a quebra das ligações α 1-4 entre a estrutura cristalina do amido, o que irá aumentar a disponibilidade do amido do grão (BOTHAST e SCHLICHER, 2005). Posteriormente é adicionado glucoamilase para que ocorra a quebra dos dissacarídeos e oligossacarídeos em monossacarídeos, como a glicose. Para que possa ocorrer o controle de pH desse produto, algumas empresas utilizam ácido sulfúrico. A queda do pH é vista como algo benéfico, pois dessa forma, diminui as chances de contaminação bacteriana (Iram 2020). Após o término do processo de hidrolise do amido em açúcares simples, é adicionado levedura e fonte de nitrogênio, para produção de etanol e sólidos de grãos destilados. Após ocorrer a destilação e separação do etanol, ocorre a centrifugação, para que possa ser separada a vinhaça fina, que contém leveduras e nutrientes solúveis

(BONNARDEAUX 2007), do material grosseiro, o WDG (CORRIGAN et al., 2009). Essa vinhaça fina que sobra, é condensada produzindo os solúveis condensados (CDS), conhecido também como xarope. A união desses dois produtos resulta nos grãos destilados úmidos mais solúveis (WDGS) e estes, podem ainda ser secos, resultando no DDGS (CORRIGAN et al., 2009).

Wet Mill Ethanol Production



Dry Mill Ethanol Production

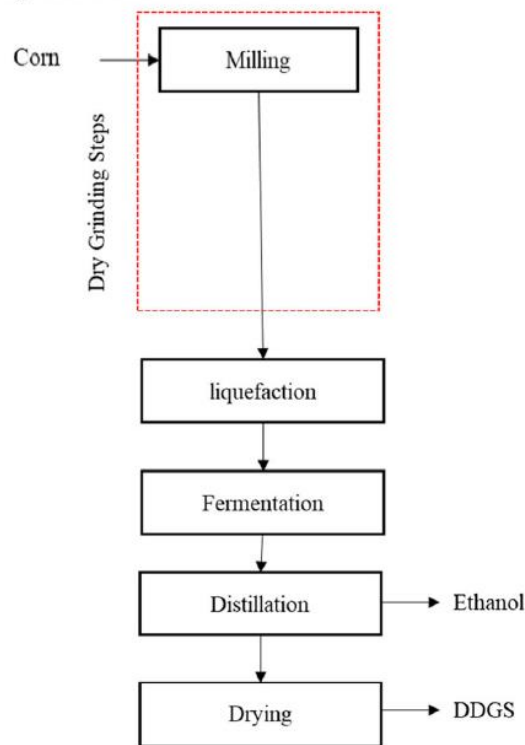


Figura 1. Dois processos de produção de etanol a partir de grãos de milho e sua diferença básica em subprodutos (IRAM 2020).

Mais recentemente, com a tecnologia de separação da fração fibrosa dos grãos antes da fermentação, novos coprodutos têm sido gerados, como a fibra úmida com solúveis (Wet Bran/Fiber plus solubles – WFS). Esse material pode ser seco, resultando fibra seca com solúveis (**Dry Bran/Fiber plus Solubles- DFS**). Já a fração sólida resultante do processo de fermentação neste método de separação, gera o chamado grão destilado seco de alta proteína

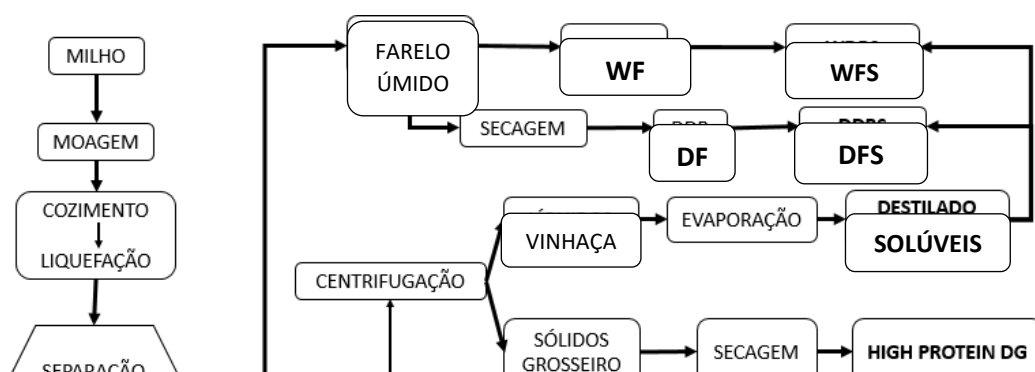


Figura 2. Processo de extração de etanol a partir do milho com a separação da fibra antes da etapa de fermentação (FiberSeparation Technology™). Adaptado de Garland (2018).

(High Protein Distillers Grains- HPDG), com alto teor proteico (GARLAND, 2018; GARLAND et al. 2019a).

2.3 Uso de coprodutos em dietas de confinamento

Tanto o WDGS, DDGS, WFS e o DFS são coprodutos com teores médios a altos de proteína e alto teor energético (NASEM, 2016; GARLAND et al., 2019a; LIMA JUNIOR et. al. 2022, MORAES, 2022) e podem ser incluídos nas dietas de terminação em níveis baixos, principalmente como fontes suplementares de proteína, assim como em níveis médios a altos como fontes de proteína e de energia. Quando incluídos em níveis acima de 20% há redução significativa no teor de milho nas dietas e consequentemente de amido, com aumento nos teores de FDN, proteína bruta, proteína não degradável no rúmen e gordura, com melhora consistente no ganho de peso e eficiência alimentar dos animais (KLOPFENSTEIN et al., 2008; NASEM, 2016; GARLAND et al., 2019a; LIMA Jr. et al., 2020; MORAES, 2022). A composição dos diferentes coprodutos pode sofrer alteração de acordo com o processo usado para a obtenção do etanol, local de produção, lote e o tipo de grão, (IRAM et al., 2020).

Bremer et al (2011) realizaram uma meta-análise, que posteriormente foi citada pelo NASEM (2016), onde os autores mostraram que, o WDGS e DDGS quando incluídos em dietas contendo misturas de milho dentado laminado seco e milho ensilado, aumentam o ganho de peso e eficiência alimentar de bovinos terminados em confinamento, apontando para o maior valor energético desses coprodutos em comparação com misturas de milho dentado laminado a seco e milho ensilado úmido.

Em dietas de terminação contendo DDGS ou WDGS, a inclusão de volumoso pode ser diminuída de forma criteriosa (MAY et al., 2010). Em virtude dos teores elevados de PNDR, a inclusão desses coprodutos resulta em excesso de PNDR e de proteína metabolizável nas dietas, excesso esse que será convertido em energia pelos animais (NASEM, 2016).

Na Tabela 1 são apresentados dados de composição química dos coprodutos de etanol de milho onde as indústrias adotam a tecnologia da separação da fibra antes do processo fermentativo.

Tabela 1. Análise química do WFS e DFS em diferentes trabalhos da literatura.

Referência	Coproduto	Análise Química (% MS)		
		PB	FDN	EE
Lima Jr., et al (2022)	WFS	39,00	52,50	6,79
Antunes (2020)	WFS	18,20	50,50	10,90
Antunes (2020)	DFS	18,20	48,60	10,30
Moraes (2022)	DFS	18,7	52,4	6,90

Garland., et al (2019a)	WFS	33,50	32,30	9,80
Brixner (2023)	DFS	22,80	42,20	6,60

Garland et al., (2019a) avaliaram o desempenho animal com quatro coprodutos a base de etanol de milho, HPDG, WFS, DDGS e WDGS, todos inclusos em 40% nas dietas e relataram GPD e EA melhores para os tratamentos HPDG e WFS, sem diferença para CMS. Neste experimento o HPDG e o WFS apresentaram valores alimentares de 121 e 126% em relação a dieta controle a base de milho. Em outro experimento avaliando WFS e WDGS, cada dieta com inclusões de 20 e 40%, respectivamente, o WFS teve efeito linear positivo no CMS, GPD, PF, PCQ e na EA em comparação com a dieta controle que continha mistura de milho laminado e milho ensilado úmido. Em comparação com o WDGS, o WFS apresentou menor EA na inclusão de 40% na dieta.

Ferreira et al. (2020) estudaram a inclusão de 0, 15, 30 e 45% de WFS em substituição a misturas de milho e farelo de soja em dietas para bovinos em terminação. Houve tendência de aumento quadrático no CMS e no GPD dos animais, sem efeito na eficiência alimentar dos animais e nos teores de energia das dietas.

Lima Jr. et al. (2022) estudaram a inclusão de 0, 15, 30 e 45% de WFS em substituição a misturas de milho, polpa cítrica e farelo de soja em dietas para bovinos em terminação. A inclusão de WFS reduziu o CMS, não afetou o GPD, e tendeu a aumentar a eficiência alimentar dos animais e a ELM das dietas.

Moraes (2022) avaliou 4 níveis de inclusão de DFS, 0,15, 30, e 45% em substituição a misturas de milho moído com tamanho médio de partícula de 1,42 mm caroço de algodão e farelo de soja. A fonte de volumoso utilizada era bagaço de cana-de-açúcar, com inclusão de 8,5% na MS. A inclusão de DFS resultou em um aumento linear no CMS, GPD, EA, PF, PCQ, ELM e na ELg das dietas.

Antunes (2020) avaliou a inclusão de 30% de WFS e de DFS em substituição a misturas de milho moído com tamanho médio de partícula de 1,36 mm caroço de algodão e farelo de soja em dietas para bovinos em terminação. A fonte de volumoso utilizada era silagem de milho, com a inclusão de 15% na MS. A inclusão de WBS tendeu a aumentar a eficiência alimentar e a ELM e ELg das dietas e aumentou a espessura de gordura subcutânea (EGS) dos animais.

Brixner (2023) comparou a inclusão de 15 e 45% de DFS em dietas para bovinos em terminação contendo milho flint moído com tamanho de partícula médio de 2,21 mm. A fonte de volumoso utilizada era bagaço de cana-de-açúcar, com a inclusão de 8,5% na MS. A

inclusão de 45% de DFS aumentou o GPD e a eficiência alimentar (EA) dos animais e a ELM e a ELG das dietas.

De modo geral, estes trabalhos demonstram que existe uma melhora no desempenho animal quando se adiciona níveis crescentes de DFS em substituição ao milho.

2.4 Uso de volumoso em dietas de confinamento

De acordo com Silvestre e Millen (2019), o bagaço de cana-de-açúcar é o segundo volumoso mais utilizado em dietas de terminação para bovinos de corte no Brasil. Ainda de acordo com os autores, ao longo das últimas 2 décadas tem havido uma redução gradual no nível de inclusão de volumoso em dietas de confinamento, e o nível médio utilizado atualmente é de 16,8% da MS. Este nível de inclusão utilizado por confinamentos brasileiros, ainda está acima da média do nível de inclusão de volumoso nos confinamentos americanos, sendo usado 8% no verão e 10% no inverno (SAMUELSON et al., 2016). A maioria dos nutricionistas afirmou que utiliza os valores de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) como parâmetro para a adequação de fibra nas dietas de terminação. A adequação de FDNfe nas dietas de confinamento é importante para estimular a ruminação e tamponamento ruminal (NASEM, 2016).

A ruminação se inicia de 30 a 40 minutos após a alimentação, com duração entre 10 a 60 min de cada vez, podendo alcançar de 6 a 10 horas por dia. O tempo que o animal leva ruminando irá depender da composição da dieta, onde maiores níveis de volumosos aumentam o tempo de ruminação (GENTRY et al., 2016; JENNINGS et al., 2020).

As fontes de volumosos são usadas principalmente em dietas de terminação para a manutenção da saúde ruminal (OWENS et al., 1998, NAGARAJA e LECHTENBERG, 2007) e também para que possa ocorrer um estímulo ao consumo de matéria seca (GALYEAN e DEFOOR, 2003) e consumo de energia (ARELOVICH et al., 2008).

No estudo realizado por Marques et al (2016), foi avaliada a resposta de bovinos de corte à níveis crescentes de volumoso na dieta. Os níveis testados por eles foram 0%, 3% e 6% de bagaço de cana-de-açúcar, com milho grão inteiro, e apenas um tratamento com 6% de inclusão de volumoso e milho floculado. Como resultado deste estudo, assim como outros estudos realizados por Utley e McCormick (1980), Milton et al., (1994), Traxler et al., (1995), houve um aumento no CMS quando o volumoso foi adicionado às dietas, isso devido ao controle bifásico de regulação de consumo de matéria seca, como demonstrado por Mertens 1987, na figura 3.

Melo et al., (2019) avaliaram níveis (4,7,10 e 13% da MS da dieta) de FDN de bagaço de cana-de-açúcar em combinação com dois métodos de processamento de grãos de milho flint,

a moagem grossa e a floculação, em dietas de bovinos terminados em confinamento. Para as combinações propostas, não houve interações entre nível de volumoso e método de processamento do milho.

Outro experimento que também avaliou interação do nível de FDN e processamento de grãos (moagem fina e ensilagem de grãos úmidos) foi o de Caetano (2015). O volumoso utilizado foi silagem de cana-de-açúcar. Foi observado efeito quadrático do nível de FDN de volumoso para consumo de matéria seca. O efeito quadrático para a variável consumo de matéria seca, podem ser explicados pelo controle quimiostático de consumo, como demonstrado por Mertens (1987), na figura 3. Esse gráfico representa a resposta fisiológica do animal em relação a capacidade física e química ao CMS do animal. Dietas com alta energia, são altamente digestíveis, e com isso, irão causar um baixo enchimento ruminal, pois a taxa de passagem é muito alta, ao contrário de dietas com capacidade de alto enchimento ruminal, como dietas com alta proporção de lignina, difícil de serem digeridas. O ponto b no gráfico mostra o ponto máximo de consumo de matéria seca, onde existe uma interação entre controle quimiostático e físico de consumo, e por mais que a qualidade da dieta seja melhor, o nível de consumo irá diminuir, pois existe uma resposta metabólica de consumo para que o consumo de energia seja suficiente.

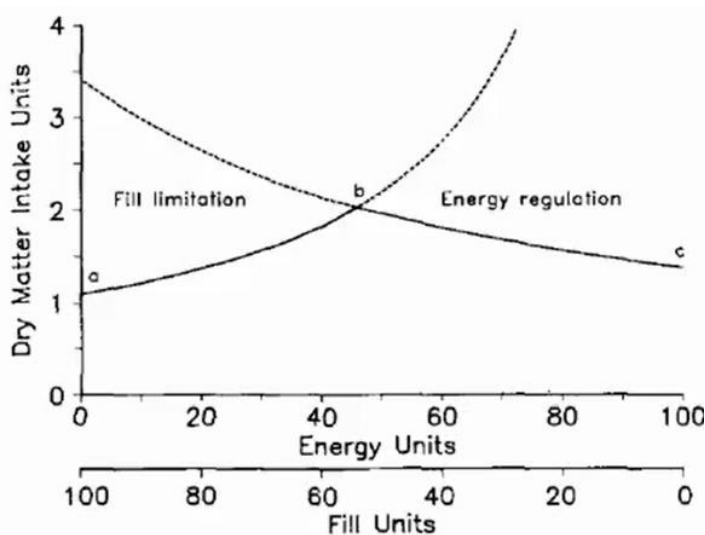


Figura 3. Gráfico bisáfico dos mecanismos reguladores de consumo (MERTENS 1987).

Outro mecanismo no controle de consumo que existe, é o de oxidação hepática, relatado por Allen (2009), o CMS é controlado pela oxidação de compostos no fígado, o qual é conectado ao cérebro e produz sinais em respostas a produção de ATP no fígado. Os aminoácidos do catabolismo de proteínas são utilizados para a produção de energia através da

gluconeogênese, o carbono cetogênico precisa ser oxidado, portanto, é um tipo de composto que pode ser utilizado para oxidação e produção de ATP. Na figura abaixo, as setas contínuas, representam o fluxo de carbono, e as setas pontilhadas, representam a estimulação/restrição de consumo. O propionato produzido no rúmen e que chega ao fígado em grande quantidade pode ser oxidado com produção de ATP, estimulando a saciedade.

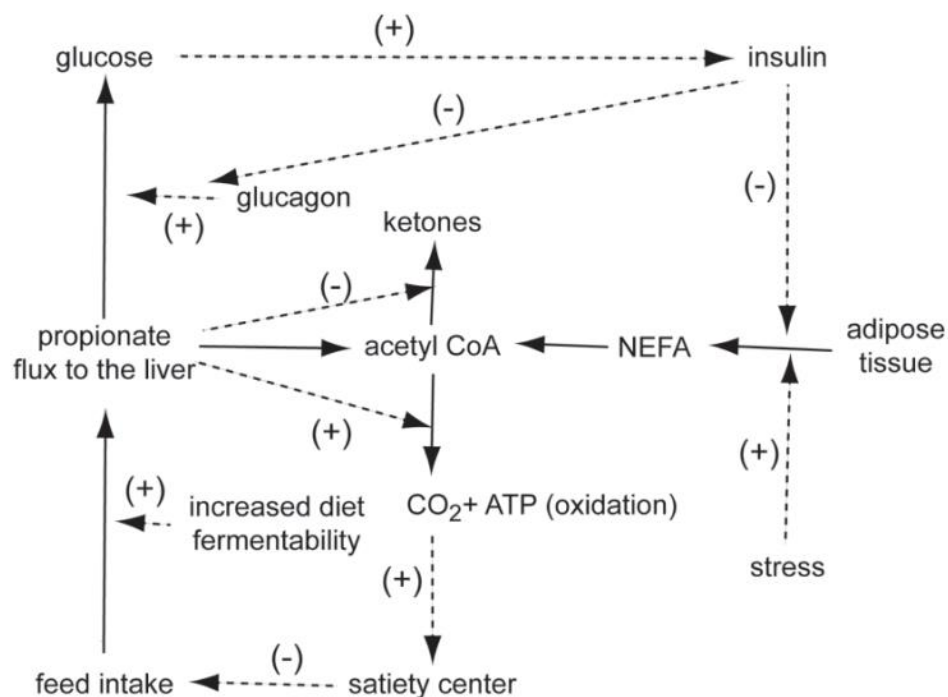


Figura 4. Modelo pelo qual o consumo pode ser regulado de acordo com a teoria da oxidação hepática (ALLEN 2009).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento 1: Ensaio de Metabolismo

O ensaio foi conduzido nas instalações para experimentos de digestibilidade e fermentação ruminal na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (**ESALQ**), no Departamento de Zootecnia, localizado em Piracicaba, São Paulo, Brasil (22°43'31" S, 47°38'51" W, elevação de 546 m) em dezembro de 2021. A média entre a temperatura mínima e máxima durante o período experimental foi de 24°C, enquanto a precipitação total foi de 117,34 mm. Todos os animais aqui utilizados foram tratados de acordo com as práticas aceitáveis e protocolos experimentais revisados e aprovados pelo Comitê Institucional de Cuidados e Uso de Animais da ESALQ/USP (# 6538141220).

3.1.2 Animais, dietas e local.

Vinte e oito machos não castrados nelore (*Bos indicus*) com fistula ruminal foram incluídos no presente experimento [peso inicial corporal (PC) 465 ± 29.44 kg]. Durante todo o experimento, todos os novilhos foram alojados em baias individuais com piso de concreto (2 x 2 m), no mesmo galpão coberto e com acesso livre à água.

Os novilhos foram designados para os tratamentos em um delineamento de blocos ao acaso, com base no PC inicial. Dentro dos blocos (n=7), os animais foram aleatoriamente designados para receber 1 dos 4 tratamentos. Todas as dietas continham 5,3% de bagaço de cana, sendo que os tratamentos foram definidos pela inclusão de 0, 20, 40 e 60% de DBS em substituição ao milho e farelo de soja. A composição completa e perfil nutricional das dietas são apresentadas na Tabela 2.

Item	DIETAS ¹							
	5,3				9,3			
	0	20	40	60	0	20	40	60
<i>Inclusão,² % MS</i>								

Tabela 2. Perfil nutricional das dietas ofertadas durante o Exp. 1,2 e 3.

Bagaçõ de cana	5,3	5,3	5,3	5,3	9,3	9,3	9,3	9,3
Milho moído	84,6	71,2	51,8	32,4	80,6	67,2	47,8	28,4
DFS	0	20	40	60	0	20	40	60
Farelo de soja	7	0	0	0	7	0	0	0
Ureia	1,1	1,5	0,9	0,3	1,1	1,5	0,9	0,3
Núcleo Mineral-vitam I ³	2,0	0	0	0	2,0	0	0	0
Núcleo Mineral-vitam II ³	0	2,0	2,0	2,0	0	2,0	2,0	2,0

Perfil Nutricional %

MS, % MS	67,25	64,68	66,3	64,41	64,62	65,53	65,60	62,55
MM, % MS	4,24	4,46	5,00	5,23	4,06	4,88	5,31	5,47
Proteína bruta, % MS	14,32	14,14	14,42	14,20	13,60	13,59	14,19	14,26
Fibra em detergente neutro, % MS	17,30	22,68	31,20	36,68	19,89	26,31	31,70	41,93
Fibra em detergente ácido, % MS	6,09	7,61	10,11	11,24	8,62	10,28	11,33	14,14
Extrato etéreo, % MS	3,92	4,50	4,81	5,41	3,19	4,06	4,84	5,40
Carboidrato não-fibroso, % MS	60,38	54,19	44,26	38,49	59,25	51,37	43,92	33,22
Nutrientes digestíveis totais, ⁴ % MS	80,90	82,60	83,40	84,20	79,20	80,900	81,70	82,50
Energia líquida de manutenção, ⁴ Mcal/kg ⁴	2,03	2,08	2,11	2,13	1,97	2,03	2,05	2,07
Energia líquida de ganho, ⁴ Mcal/kg ⁴	1,38	1,43	1,44	1,46	1,33	1,38	1,39	1,41

¹ **5,3:** Dietas com inclusão de 5,3% bagaçõ de cana-de-açúcar. **9,3:** Dietas com inclusão de 9,3% de bagaçõ de cana-de-açúcar.

² **MS** = matéria seca

³ **Composição I:** 185-275 g/kg Ca, 20 g/kg Mg, 60 g/kg Na, 80 g/kg K, 20 g/kg S, 550 ppm Cu, 1,400 ppm Mn, 3,000 ppm Zn, 15 ppm Co, 25 ppm I, 10 ppm Se, 65,000 IU Vit. A, 14,000 IU Vit. D3, 1,000 IU Vit. E e 1,500 mg/kg Monensina Sódica. **Composição II:** 220-320 g/kg Ca, 0 g/kg Mg, 40 g/kg Na, 80 g/kg K, 0 g/kg S, 550 ppm Cu, 1,400 ppm Mn, 3,000 ppm Zn, 15 ppm Co, 25 ppm I, 10 ppm Se, 65,000 IU Vit. A, 14,000 IU Vit. D3, 1,000 IU Vit. E e 1,500 mg/kg Monensina Sódica.

⁴ Os valores de NDT e os valores de EL esperados das dietas experimentais foram calculados com base nos valores tabulares de NDT e de EL do bagaçõ de cana, farelo de soja, milho seco e DDGS (usado para DFS) do NASEM (2016) com inclusão de monensina sódica na dieta.

As composições químicas dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais.

Nutrientes	Bagaço de cana	Milho moído	DFS	Farelo de soja
MS, %	44,27	86,76	88,38	88,12
MM, %	5,61	1,59	5,17	7,39
MO, %	94,39	98,41	94,83	92,61
PB, %	2,33	9,68	18,43	48,67
FDN, %	87,65	12,92	52,72	11,54
FDA, %	57,96	3,79	14,12	5,74
HEMICELULOSE	29,69	9,13	38,6	5,80
EE, %	0,89	4,75	7,27	1,51
CNF*%	3,52	71,05	16,47	30,80

*CNF (%) = 100% - (% FDN + % PB + % EE + % cinzas) MERTENS, 1997).

O milho das dietas experimentais foi processado em moinho de martelo (Indústria Comercial Lucato, Limeira, SP, Brasil) para atingir granulometria média de 1,73 mm (Tabela 4), conforme procedimentos descritos por YU et al. (1998), utilizando peneiras com poros de 6.0, 3.5, 2.0 e 1.25 mm (Produtest T model; Telastem Peneiras para Análises Ltda., São Paulo, SP, Brasil). O período experimental durou 21 dias, sendo 14 dias de adaptação e 7 dias de coleta de dados. Todos os novilhos foram alimentados uma vez ao dia (12:00) do dia 0 ao dia 21.

Tabela 4. Tamanho médio e distribuição de partícula do milho moído para o Exp. 1, 2 e 3.

Poros da peneira	% <i>do total</i>
>6.0 mm	0,0
≤ 6.0 mm e >3.5 mm	0,35
≤ 3.5 mm e > 2.0 mm	26,93
≤ 2.0 e >1.25 mm	52,20
≤1.25 mm	20,49
Tamanho médio de partícula, mm ¹	1,73

¹ O milho retido na peneira de 6 mm foi determinado em 20 partículas aleatoriamente usando um paquímetro digital. O resíduo retido no fundo foi assumido como tendo um tamanho médio de partícula de 0,625 mm. Baseado em Yu et al. (1998).

As dietas foram misturadas em vagão alimentador (Rotormix-40; Casale Equipamentos, São Carlos, SP, Brasil). O núcleo mineral e a ureia eram pesados separadamente dos outros ingredientes, em uma balança com capacidade para 100 kg com precisão de 0,1 kg (MARTE ®), e depois adicionados no vagão misturador. As composições das misturas minerais estão descritas na tabela 5.

Tabela 5. Composições da mistura mineral vitamínico

Componente	NC M.CASSAB 1	NC M.CASSAB 2
Cálcio (min-max) (g/kg)	185-275	220-320
Magnésio (min) (g/kg)	20	0
Sódio (min) (g/kg)	60	40
Potássio (min) (g/kg)	80	80
Enxofre (min) (g/kg)	20	0
Vitamina A (min) (UI/kg)	65.000	65.000
Vitamina D3 (min) (UI/kg)	14.000	14.000
Vitamina E (min) (UI/kg)	1.000	1.000
Cobre (mín) (mg/ kg)	550	550
Manganês (mín) (mg/ kg)	1.400	1400
Zinco (mín) (mg/ kg)	3.000	3000
Cobalto (mín) (mg kg)	15	15
Iodo (mín) (mg/ kg)	25	25
Selênio (mín) (mg/ kg)	10	10
Monensina (mg/ kg)	1.500	1500

3.1.3 Coleta de amostras

Amostras de ingredientes, sobras remanescentes da ração e dietas totais foram coletadas ao longo do período da fase de coleta e armazenadas a -20°C. A metodologia realizada para análises de bromatologia estão descritos no experimento de desempenho (Exp 3).

No início (d 0) do período experimental, o PC de cada animal foi registrado após 16 h de jejum de sólidos e de água e utilizado para realizar a randomização dos animais em blocos e tratamentos. Durante todo o período experimental (d 0 a 21), o

consumo total de matéria seca (CMS) foi registrado diariamente, coletando e pesando amostras das dietas ofertadas e das sobras de cada baia, que eram secas por 24 h a 105°C em estufas de ar forçado. Durante os 7 dias do período de coleta, a quantidade ofertada para cada animal foi restringida a 95% do consumo observado nos últimos 5 dias do período de adaptação.

Do dia 15 ao 19, o material fecal total foi coletado direto do piso das baias individuais que eram raspadas a cada 2 horas das 12:00h até as 20:00h e das 6:00h até às 12:00h do dia seguinte. Às 20:00h do dia anterior e às 12:00h do dia seguinte as amostras de cada baia contidas nos baldes eram pesadas e sub amostras (aproximadamente 10% do peso úmido) eram coletadas e congeladas a -20°C para análise de MS e determinação da excreção total de fezes. No dia 20 para o 21, aproximadamente 50 g de amostras fecais foram coletadas diretamente do reto de cada animal, a cada 3 horas, começando imediatamente antes da alimentação às 12:00h e armazenadas a -20°C para análise de nutrientes e subsequentes cálculos de digestibilidade aparente dos nutrientes. Para determinar a composição química e digestibilidade aparente das frações da MS, PB, EE e FDN, as amostras coletadas do reto dos animais no dia 20 e 21 foram pesadas e incluídas na soma do material fecal total coletado das baias individuais, e posteriormente descongeladas e secas em estufa de ar forçado a 55°C por 72 h.

A digestibilidade aparente foi calculada de acordo com a fórmula: $TTAD (\%) = (((DMI \times NCDM) - (FDM \times NCFM)) \times 100) / (DMI \times NCDM)$, onde TTAD = digestibilidade aparente do trato total, DMI = Ingestão de matéria seca, NCDM = teor de nutrientes da MS fecal (%), (%), FDM = matéria seca fecal e NCFM = teor de nutriente da matéria seca fecal (%).

Do 20^o ao 21^o dia do período experimental, amostras de fluido ruminal foram coletadas (aproximadamente 100 mL) a cada 3 horas, começando imediatamente antes do fornecimento das dietas às 12:00h, considerado o tempo 0 de coleta. O conteúdo ruminal coletado foi espremido em 4 camadas de gaze e o pH do fluido ruminal foi determinado imediatamente (Digimed-M20; Digimed Instrumentação Analítica; São Paulo, SP, Brasil). Aproximadamente 50 mL de fluido ruminal foram coletados e armazenados (-20°C) para análise subsequente de amônia ruminal e de ácidos graxos voláteis (acetato, propionato, butirato), razão acetato:propionato (Ac:Pr) e AGV totais. Para determinar os AGV, 2,0 mL do fluido ruminal adicionado com 0,4 mL de solução 3:1 de ácido metafosfórico (25%) com ácido fórmico (98 – 100%) e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados a 15.000g (Sorvall Superspeed RC2-B, Newton, Connecticut, EUA) por 15 minutos a 4 °C. Após a centrifugação 1,2 mL de cada amostra foi transferida para *vials* cromatográficos. Do extrato obtido foi injetado 1µL em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies, Santa Clara, Califórnia, EUA) equipado com coluna capilar HP-FFAP (19091F-112; 25 m; 0,320 mm; 0,50 µm; J & W Agilent Technologies, Santa Clara, Califórnia, EUA). A injeção foi realizada de maneira automática, o gás de arraste foi o H₂ e mantido em fluxo de 31,35 mL/min. A temperatura do injetor e do detector foi de 260 °C. O tempo total de Análise cromatográfica foi de 16,5 minutos, dividindo em três rampas de aquecimento: a 80 °C (1 min), 120 °C (20°C/min; 3 min) e 205 °C (10 °C/min; 2 min) (FERREIRA et al., 2016). A concentração dos AGCC (mM/L) foi determinada com base em uma curva cromatográfica de calibração externa. A concentração de N-NH₃ foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitor de

microplaca (EON, BioTech Instruments, Winooski, VT, EUA), utilizando filtro de absorvância de 550 nm.

3.2 Experimento 2: Ensaio de Metabolismo

O ensaio foi conduzido nas instalações para experimentos de digestibilidade e fermentação ruminal na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (**ESALQ**), no Departamento de Zootecnia, localizado em Piracicaba, São Paulo, Brasil (22°43'31" S, 47°38'51" W, elevação de 546 m) em janeiro de 2022. A média entre a temperatura mínima e máxima durante o período experimental foi de 26.2°C, enquanto a precipitação total foi de 296.66 mm. Todos os animais aqui utilizados foram tratados de acordo com as práticas aceitáveis e protocolos experimentais revisados e aprovados pelo Comitê Institucional de Cuidados e Uso de Animais da ESALQ/USP (# 6538141220).

3.2.1 Animais, dietas e local.

Vinte e oito machos não castrados nelore (*Bos indicus*) com fistula ruminal foram incluídos no presente experimento [peso inicial corporal (PC) 480 ± 32 kg]. Durante todo o experimento, todos os novilhos foram alojados em baias individuais com piso de concreto (2 × 2 m), no mesmo galpão coberto e com acesso livre à água.

Os novilhos foram designados para os tratamentos em um delineamento de blocos ao acaso, com base no PC inicial. Dentro dos blocos (n=7), os animais foram aleatoriamente designados para receber 1 dos 4 tratamentos. As dietas utilizadas no experimento II continham a inclusão de 9,3% de bagaço de cana-de-açúcar e os tratamentos foram definidos pela inclusão de 0,20,40 e 60% de DFS em substituição do milho e farelo de soja. A composição completa e perfil nutricional das dietas são apresentadas na Tabela 2.

Amostras de ingredientes, sobras remanescentes da ração e dietas totais foram coletadas ao longo do período da fase de coleta e armazenadas a -20°C.

A metodologia realizada para análises de bromatologia estão descritos no experimento de desempenho (Exp 3). As amostras coletadas para dados de digestibilidade aparente e fermentação ruminal, seguiram as metodologias descritas no experimento1.

3.3 Experimento 3: Desempenho animal

Este experimento foi conduzido no confinamento experimental localizado na USP, ESALQ, localizado em Piracicaba, São Paulo, Brasil (22°43'31" S, 47°38'51" W e altitude de 546 m) de outubro de 2021 a janeiro de 2022. A temperatura média em cada mês do período experimental (de outubro a janeiro) foi de 24,6, 23.6, 24, e 26.2°C, respectivamente, enquanto a precipitação total foi de 125, 120.15, 117.34, e 296.66 mm, respectivamente. Todos os animais aqui utilizados foram tratados de acordo com práticas aceitáveis e protocolos experimentais revisados e aprovados pelo Comitê Institucional de Cuidados e Uso de Animais da ESALQ/USP (9643270821).

3.3.1 Animais, dietas e local

Os animais foram recriados em pasto em fazenda comercial e transportados para o confinamento experimental da ESALQ/USP, onde permaneceram confinados por 15 dias, recebendo dieta alta em volumoso. Após esse período teve início o protocolo de adaptação em escada (step-up) às dietas experimentais por 15 dias, com o fornecimento de 3 dietas, que foram alteradas a cada 5 dias, seguindo: inclusão de 25% de bagaço de cana-de-açúcar, 59% de milho seco e 12% de DFS por 5 dias, 18% de bagaço de cana-de-açúcar, 66% de milho seco e 12% de DFS por 5 dias e inclusão de 11% de bagaço de cana-de-açúcar, 73% de milho seco e 12% de DFS por 5 dias.

Na manhã do d 0, 368 machos Nelore não castrados (*B. taurus indicus*) foram pesados após 16 horas de restrição de água e ração. (369.65 ± 34.92 kg), identificados individualmente com brincos, vacinados contra clostridiose (Sintoxan Polivalente, Merial Saúde Animal Ltda, Paulínia, Brasil), vermifugados com 1 ml/50 kg PC (Albendathor Tortuga Companhia Zootécnica Agrária, São Paulo, Brasil) e tratados para ectoparasitas. Os animais foram distribuídos em 4 blocos completos aleatorizados, respectivamente com 16 baias, 16 baias, 8 baias e 16 baias nos blocos 1,2,3 e 4. Os tratamentos foram sorteados dentro de cada bloco. Nos blocos 1, 2 e 3, 240 animais foram distribuídos em 40 baias, de tamanho 4×8 m e no bloco 4, 128 animais foram distribuídos em 16 baias de tamanho 9×9 m, totalizando 56 baias, para receber os tratamentos de 1 a 8. O arranjo de tratamentos foi um fatorial 2×4 , sendo o primeiro fator dois teores de inclusão de bagaço de cana-de-açúcar (5,3 ou 9,3% da MS da dieta) e o fator dois a inclusão de 0, 20, 40 ou 60% de DFS na MS da dieta. A composição completa e o perfil nutricional das dietas são apresentados na Tabela 1. O bagaço de cana apresentou tamanho médio de partícula (TMP) de 8,05 mm (Tabela 6), com 9% das partículas maiores que 8 mm. As medidas foram feitas utilizando o sistema de peneiras da Penn State.

Tabela 6. Tamanho médio e distribuição do tamanho de partícula do bagaço de cana e das dietas totais (TMR).

Tamanho de peneira (% total)	Bagaço de cana	5,3 0	5,3 20	5,3 40	5,3 60	9,3 0	9,3 20	9,3 40	9,3 60
> 19mm	9	0	0	0	0	1	1	0	0
8 – 19 mm	41	2	3	2	2	4	4	4	3
< 8 mm	19	4	5	5	6	5	6	6	6
Fundo	30	94	92	93	93	89	89	90	91
Tamanho médio de partícula, mm	8,05	2,39	2,50	2,43	2,43	2,70	2,73	2,68	2,53

¹Distribuição e tamanho médio de partícula determinado pelo método de separação de tamanho de partícula Penn State (LAMMERS et al., 1996).

O período experimental durou 112 dias. As dietas foram formuladas pelo NASEM (2016) para proporcionar um ganho médio diário de (GMD) 1,5 kg durante o período experimental. Durante todo o período experimental, as dietas foram fornecidas uma vez ao dia na forma de ração total misturada, utilizando um vagão alimentador (Rotormix-40; Casale Equipamentos, São Carlos, SP, Brasil) com balança eletrônica (ez3400VL; Digi Star, Fort Atkinson) e oferecidas para garantir a ingestão ad libitum e resultar em 3% de sobras. O tempo de mistura das dietas foi estabelecido em 5 minutos. Além disso, todos os animais tiveram acesso total à água e foram mantidos em baias pavimentadas de laterais abertas com cobertura no cocho de alimentação (4,0 a 5,0 m de cocho linear por baia).

3.3.2 Amostragem e medidas de carcaça.

O peso corporal (PC) individual em jejum dos touros foram coletados nos dias 0 e 112 após jejum de 16 horas de sólidos e água e usado para calcular a mudança de peso corporal (PC final menos inicial) e GMD durante o experimento. O CMS total foi avaliado durante todo o período experimental por meio da pesagem da dieta oferecida diariamente e das sobras, que eram retiradas e pesadas 3 dias por semana. Ao final do experimento, o ganho de peso total e o consumo total de matéria seca foram utilizados para o cálculo da eficiência alimentar (GMD/CMS), enquanto o peso médio foi utilizado para determinação do consumo de matéria seca como percentual do peso corporal.

Amostras dos ingredientes foram coletadas semanalmente durante todo o período experimental, compostas ao final do período experimental e analisadas quanto

à concentração de nutrientes (Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal; Piracicaba, SP, Brasil). Todas as amostras foram analisadas em duplicata. O teor de matéria seca foi determinado pela secagem das amostras em estufa a 105°C por 24 horas e o teor de cinzas foi determinado pela queima das amostras em mufla a 550°C por 4 h (método 930.15; AOAC, 1986). A determinação do nitrogênio total (N) foi realizada utilizando o Leco FP-528 (Leco Corporation; Saint Joseph, MI), de acordo com a metodologia proposta pela AOAC (1997). O teor de PB foi calculado multiplicando o teor de nitrogênio total da amostra por 6,25. O teor de extrato etéreo foi determinado utilizando um aparelho extrator Ankom XT15extractor (Ankon Tech.Corp), método 920,85; (AOAC, 1986). A fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas (FDNa) foi analisada de acordo com os procedimentos descritos por Van Soest et al. (1991), usando sulfito de sódio para todas as amostras e alfa-amilase termoestável para as amostras das dietas totais, FDN de bagaço, DFS e do milho. Após a determinação da FDN, a fibra em detergente ácido (FDA) foi avaliada de acordo com os procedimentos descritos por Goering e Van Soest (1970) em equipamento Ankom-200 (Ankom Tech. Corp.). Para obter o teor de CNF, foi utilizada a equação de Martens (1997), $CNF (\%) = 100 \% - (\% FDN + \% PB + \% EE + \% cinzas)$.

A energia líquida (EL) observada para cada dieta foi calculada a partir dos dados médios das baias de CMS, GPD e peso médio dos animais, usando as equações relatadas por Zinn e Shen (1998). A energia para ganho foi calculada como $EG = (0,0557) \times PC^{0,75} \times GDP^{1,097}$ (NCR,1984), em que a EG é a exigência energética de ganho (Mcal/d) e PC é o PC médio em jejum. A equação usada para calcular a exigência em energia líquida para manutenção foi $EM=0.077 \times PC^{0.75}$ (NRC, 1996). A partir das quantidades de energia calculadas para exigência de energia para manutenção e

energia para ganho, a ELM de cada dieta foi obtida pela equação quadrática $ELM = [-b \pm (b^2 - 4ac)^{1/2}]/2a$, em que, $a = -0.41 \times EM$, $b = 0.877 \times EM + 0.41 \times CMS + EG$, e $c = -0.877 \times CMS$ e ELg de cada dieta foi obtida pela equação $ELg = 0.877 \times ELM - 0,41$ (Zinn e Shen, 1998).

Os valores esperados de energia líquida das dietas experimentais foram calculados com base nos valores tabulares de energia líquida do bagaço de cana-de-açúcar, farelo de soja, milho seco e DDGS (usado para DFS) do NASEM (2016) com monensina incluída na dieta.

No dia 110 do período experimental, todos os animais foram submetidos à avaliação de ultrassonografia de carcaça (Aloka SSD-500V com sonda convexa de 17.2 cm/3.50 MHz; Hitachi Healthcare Americas, Twinsburg, OH) realizada por pesquisador treinado da Universidade de São Paulo, Pirassununga, Brasil. As avaliações foram realizadas de acordo com os procedimentos descritos pelo Ultrasound Guidelines Council (UGC, 2014) e as medidas de área de olho de lombo (AOL), marmoreio e espessura de gordura subcutânea (EGS) foram coletadas no músculo *Longissimus thoracis* entre a 12^o e 13^o costelas.

Todos os animais foram abatidos em frigorífico comercial (Frigorífico Zanqueta, Bauru, SP, Brasil). As carcaças quentes foram separadas em dois cortes simétricos, pesadas para obtenção do peso da carcaça quente (PCQ) e identificadas individualmente. O rendimento de carcaça (RC) foi calculado dividindo-se o PCQ pelo peso corporal final de cada animal.

3.3.3 Análise Estatística

Para o experimento 1 e 2, o animal foi considerado a unidade experimental, para o experimento 3, as baias foram consideradas a unidade experimental. Os dados foram submetidos ao Teste de Levene para verificar a homogeneidade das variâncias, enquanto o teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para verificar a normalidade dos resíduos e remover outliers. Os dados foram analisados usando o procedimento PROC MIXED do SAS (Versão 9.4; SAS inst. Inc.; Cary, NC, EUA). A aproximação de Kenward- Roger foi usada para determinar o denominador df para o teste de fixo efeitos. Para todos os experimentos as medias dos tratamentos foram obtidas pelo comando LSMEANS e foi considerado efeito significativo quando $P \leq 0,05$ e tendência quando $P \geq 0,05$ e $P \leq 0,10$.

Nos experimentos 1 e 2, para as variáveis de fermentação ruminal foi utilizado modelo contendo o efeito de tratamento, bloco, hora e interação entre tratamento \times hora. Os dados foram analisados utilizando animal (tratamento) como variável aleatória. A estrutura de covariância foi autoregressiva de primeira ordem, proporcionando o melhor ajuste para essas análises de acordo com o menor Critério de Informação de Akaike Corrigido (AICC). Para as variáveis de consumo e digestibilidade o modelo utilizado continha o efeito de tratamento e bloco. Para avaliar o efeito da inclusão do DFS foi utilizado os polinômios ortogonais linear, quadrático e cúbico O experimento 3 foi realizado em arranjo de tratamento fatorial 2×4 , e o modelo continha efeitos do fator 1 (inclusão de bagaço), fator 2 (inclusão de DFS) e interação entre fator 1 e fator 2. Foram utilizados polinômios ortogonais para os efeitos dos níveis de inclusão de DFS. Os resultados são relatados de acordo com os efeitos principais se nenhuma interação for significativa.

4. RESULTADOS

4.1 Experimento 1.

Não houve efeito ($P > 0,05$) da inclusão de DFS sobre o consumo de MS, MO, PB e CHOT (Tabela 7). Porém, houve efeito linear crescente ($P < 0,0001$) para os dados de consumo de FDN ($P < 0,0001$) e EE ($P = 0,0025$). Em contrapartida, o consumo de CNF reduziu linearmente ($P < 0,0001$) com a inclusão de DFS. Não houve efeito de tratamento para as variáveis de digestibilidade dos nutrientes, exceto para o CNF, em que foi observado efeito quadrático ($P = 0,0230$), com maiores valores de digestibilidade para o tratamento contendo 40% de DFS (Tabela 7).

Tabela 7. Consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhos Nelore alimentados com dietas contendo níveis crescentes de DFS e 5,3% de bagaço de cana-de-açúcar. Exp 1¹.

Item	5,3 % Bagaço de cana-de-açúcar				EPM	P-Valor ²		
	CONT	20	40	60		Linear	Quad	Cubico
<i>Consumo de nutrientes, kg/d³</i>								
MS	7,13	6,67	6,62	6,81	0,41	0,5571	0,4016	0,9144
MO	6,83	6,38	6,29	6,45	0,39	0,4635	0,4033	0,9415
FDN	1,23	1,51	2,06	2,49	0,11	<0,0001	0,4710	0,3725
PB	1,02	0,94	0,96	0,97	0,06	0,5101	0,4133	0,6974
EE	0,28	0,30	0,32	0,37	0,02	0,0025	0,3997	0,6163
CHOT	5,53	5,13	5,02	5,12	0,31	0,3174	0,4015	0,9546
CNF	4,29	3,62	2,95	2,62	0,21	<0,0001	0,3941	0,7117
<i>Digestibilidade, kg/d %</i>								
MS	72,37	72,24	72,11	69,89	1,48	0,2820	0,4957	0,7552
MO	73,48	73,48	73,65	71,27	1,46	0,3487	0,4326	0,6836
FDN	49,80	46,45	52,91	57,76	4,08	0,1229	0,3353	0,5392
PB	70,35	70,65	73,15	70,34	1,59	0,7055	0,2834	0,2373
EE	74,04	77,63	75,17	77,56	3,84	0,6187	0,8652	0,4869
CHOT	74,03	73,76	73,64	70,92	1,75	0,2553	0,4989	0,7286
CNF	80,98	85,19	88,16	83,39	1,92	0,2294	0,0230	0,4206

¹CONT, 20, 40 e 60 % inclusão de DFS com inclusão de 5.3% de bagaço de cana de açúcar.

²P-Value: polinômios ortogonais.

³MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = fibra em detergente neutro; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos.

Para as variáveis de fermentação ruminal (Tabela 8), houve interação para tratamento e hora para as variáveis acetato (P = 0,0043), propionato (P = 0,0183),

isovalerato ($P = 0,0025$) e acbut:prop ($P = 0,0526$). Para a variável acetato, houve efeito linear crescente nas horas 3 ($P = 0,0143$), 6 ($P = 0,0029$), 9 ($P = 0,0308$) e 15 ($P = 0,0215$), e efeito quadrático para a hora 12 ($P = 0,0233$; Figura 4). Para a variável propionato, a inclusão de DFS reduziu linearmente a proporção nas horas 3 ($P = 0,0183$), 6 ($P = 0,0087$), 9 ($P = 0,0158$), hora 12 ($P = 0,0029$) e 15 ($P = 0,0578$; Figura 5). Para a variável Isovalerato, houve aumento linear nas horas 0 ($P = 0,0144$), 3 ($P = 0,0024$), 6 ($P = 0,0023$), 9 ($P = 0,0083$), e 21 ($P = 0,0043$). Para a variável relação AcBut:Prop, comportamento linear crescente foi observado nas horas 3 ($P = 0,0085$), 6 ($P = 0,0071$), 9 ($P = 0,0132$), 12 ($P = 0,0013$) e 15 ($P = 0,0498$). Não houve interação entre tratamento e hora de coleta para as demais variáveis.

Tabela 8. Concentrações ruminiais de ácidos graxos voláteis (AGV) e pH de novilhos Nelore recebendo dietas contendo níveis crescentes de DFS com maior inclusão de bagaço de cana-de-açúcar Exp 1¹.

Item	5,3 % Bagaço de cana- de-açúcar				EPM	P-Valor ²				
	CONT	20	40	60		L	Q	C	H	T x H
<i>AGV, m Mol/100mM</i>										
Acetato	48,92	49,01	50,46	52,99	1,12	0,0083	0,2567	0,9724	<0,0001	0,0043
Propionato	35,69	35,09	33,23	30,02	1,85	0,0238	0,4539	0,9892	<0,0001	0,0183
Isobutirato	0,90	0,94	1,03	1,09	0,05	0,0067	0,7688	0,8061	<0,0001	0,1269
Butirato	10,70	11,94	11,34	11,36	0,97	0,7442	0,5210	0,5622	0,0009	0,1992
Isovalerato	1,85	1,85	2,28	2,74	0,18	0,0003	0,1956	0,6302	<0,0001	0,0025
Valerato	1,78	1,33	1,51	1,25	0,17	0,0715	0,5753	0,1702	0,0003	0,1991
<i>Total, mMol/L</i>	93,94	84,70	71,23	76,01	5,54	0,0122	0,2184	0,3734	<0,0001	0,8096
Ac:Prop	1,43	1,46	1,64	1,83	0,13	0,0216	0,5534	0,8104	<0,0001	0,0593
AcBut:Prop	1,74	1,85	2,02	2,22	0,17	0,0271	0,7735	0,9547	<0,0001	0,0526
pH ruminal	5,89	5,91	6,14	6,12	0,08	0,0123	0,8035	0,1632	<0,0001	0,7433
<i>N amoniacal,</i> mg/dL	13,26	9,33	7,03	6,19	1,01	<0,0001	0,1221	0,9698	<0,0001	0,5618

¹CONT, 20, 40 e 60 % inclusão de DFS com inclusão de 5.3% de bagaço de cana de açúcar.

²P-Value: polinômios ortogonais. L = linear; Q = quadrático; C = Cúbico; H = hora; T x H = tratamento x Hora.

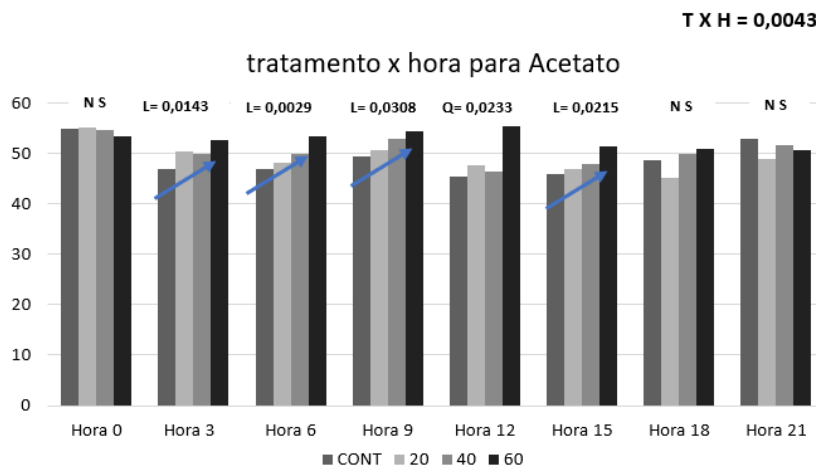


Figura 5. Interação tratamento x hora para Acetato.

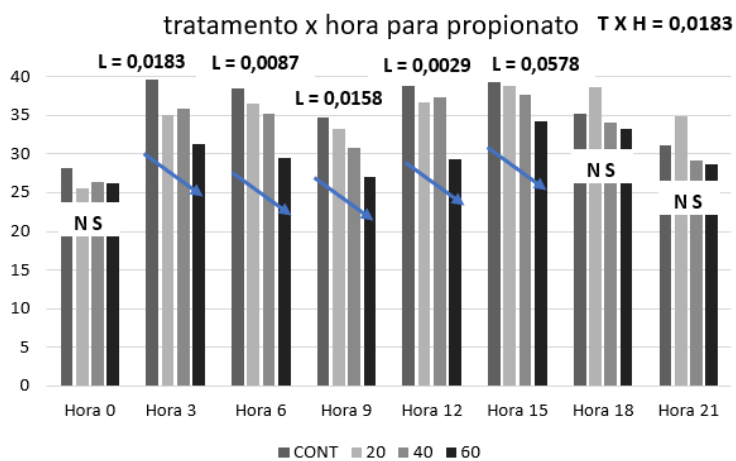


Figura 6. Interação tratamento x hora Propionato.

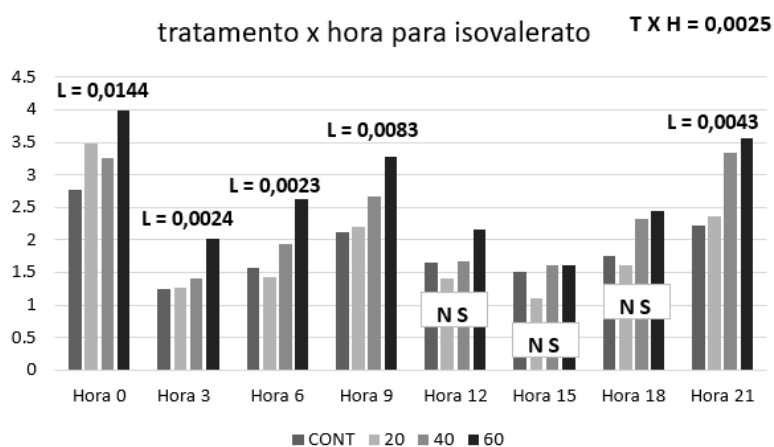


Figura 7. Interação tratamento x hora Isovalerato.

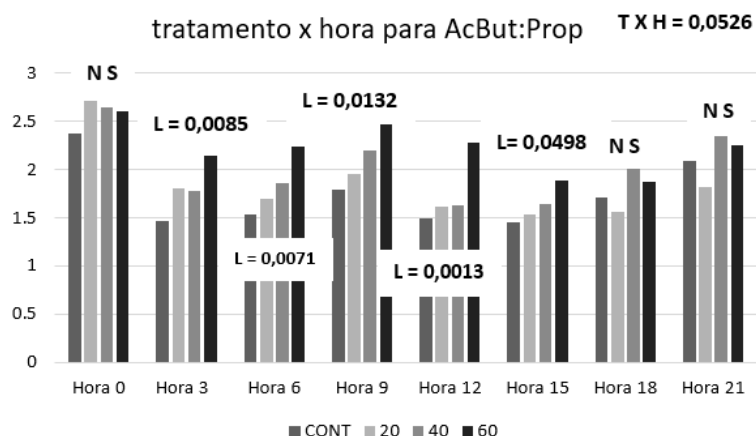


Figura 8. Interação tratamento x hora AcBut:Propionato

Houve efeito linear crescente ($P = 0,0067$) para a proporção molar de isobutirato, para a relação ac:prop ($P = 0,0216$) e pH ruminal ($P = 0,0123$). Além disso, houve efeito linear decrescente para a concentração total de AGV ($P = 0,0122$) e de nitrogênio amoniacal ($P < 0,0001$).

4.2 Experimento 2.

A inclusão de DFS não afetou o consumo de MS, MO, PB e CHOT. Entretanto, houve efeitos lineares crescentes para FDN ($P < 0,0001$) e EE ($P < 0,0001$). Para a variável de CNF, foi observado efeito linear decrescente ($P < 0,0001$; Tabela 9). Em relação a digestibilidade dos nutrientes, a inclusão de DFS reduziu linearmente a digestibilidade da MS ($P = 0,0027$), MO ($P = 0,0031$), PB ($P = 0,0459$) e CHOT ($P = 0,0024$; Tabela 9), não sendo observado efeitos sobre as demais variáveis.

Tabela 9. Consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhos Nelore alimentados com dietas contendo níveis crescentes de DFS com maior inclusão de bagaço de cana-de-açúcar. Exp 2¹.

Item	9,3 % Bagaço de cana-de-açúcar				EPM	P-Valor ²		
	CONT	20	40	60		Linear	Quad	Cubico
<i>Consumo de nutrientes, kg/d³</i>								
MS	6,96	7,16	7,40	6,73	0,42	0,7867	0,2615	0,5931
MO	6,68	6,71	7,01	6,37	0,40	0,6343	0,2920	0,5927
FDN	1,38	1,88	2,30	2,73	0,13	<0,0001	0,8003	0,8750
PB	0,95	0,97	1,05	0,96	0,06	0,6198	0,2733	0,3794
EE	0,22	0,29	0,35	0,36	0,02	<0,0001	0,0644	0,6032
CHOT	5,51	5,54	5,61	5,05	0,32	0,2954	0,3184	0,6375
CNF	4,13	3,66	3,31	2,32	0,22	<0,0001	0,1823	0,4117
<i>Digestibilidade, kg/d %</i>								
MS	81,21	77,28	75,21	73,52	1,65	0,0027	0,5223	0,8548
MO	82,21	78,59	76,32	74,94	1,60	0,0031	0,5114	0,9571
FDN	64,19	58,79	60,49	63,04	2,68	0,8858	0,1717	0,6364
PB	79,88	75,49	75,61	75,32	1,40	0,0459	0,1806	0,4803
EE	79,65	77,22	82,31	77,01	2,70	0,8168	0,6167	0,1894
CHOT	82,71	79,21	76,08	74,86	1,72	0,0024	0,5339	0,8541
CNF	88,93	89,71	87,29	88,80	1,43	0,6657	0,8115	0,3198

¹CONT, 20, 40 e 60 % inclusão de DFS com inclusão de 9.3% de bagaço de cana de açúcar.

²P-Value: polinômios ortogonais.

³MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; FDN = fibra em detergente neutro; PB =proteína bruta; EE = extrato etéreo; CHOT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos.

Para as variáveis de fermentação ruminal, não houve interação de tratamento e hora para ácidos isobutirato, isovalerato, concentração de AGV totais, relação entre

Ac:Prop, AcBut:Prop e pH ruminal, porém, houve interação para as proporções molares de acetato ($P = 0,0022$), propionato ($P = 0,0144$), butirato ($P = 0,0099$), valerato ($P = 0,0137$) e para a concentração de N amoniacal ($P = 0,0004$; Tabela 10). Para a variável acetato, foi possível notar aumento linear na hora 21 ($P = 0,0510$; Figura 8). Para os dados de Butirato, foi observado efeito quadrático nas horas 15 ($P = 0,0402$), 18 ($P = 0,0396$) e 21 ($P = 0,0486$; Figura 9), com os maiores valores na dieta contendo 20% de inclusão de DFS. Para o valerato, houve efeito linear decrescente ($P = 0,0475$; Figura 10) na hora 21. Para o N amoniacal, foi identificado um comportamento quadrático, na hora 0 ($P = 0,0236$) e na hora 9 ($P = 0,0382$; Figura 11). Além disso, a inclusão de DFS reduziu linearmente a proporção molar de isobutirico ($P = 0,0524$) e isovalerico ($P = 0,0288$), e aumentou linearmente o pH ruminal ($P = 0,0491$). Não houve efeito para as demais variáveis analisadas.

Tabela 10. Concentrações ruminiais de ácidos graxos voláteis (AGV) e pH de novilhos *Bos indicus* recebendo dietas contendo níveis crescentes de DFS com maior inclusão de bagaço de cana-de-açúcar. Exp 2¹.

Item	9,3 % Bagaço de cana-de-açúcar				EPM	P-valor ²				
	CONT	20	40	60		L	Q	C	H	T × H
AGV, mmol/L										
Acetato	53,11	54,21	54,72	54,62	2,19	0,5594	0,7506	0,9988	<0,0001	0,0022
Propionato	30,18	27,79	30,31	30,19	2,76	0,8274	0,6546	0,5000	<0,0001	0,0144
Isobutyrato	1,15	1,04	1,00	1,01	0,05	0,0524	0,2182	0,9951	<0,0001	0,6303
Butirato	10,72	12,01	10,89	10,59	0,74	0,6606	0,3049	0,3413	<0,0001	0,0099
Isovalerato	2,62	2,50	1,95	1,94	0,25	0,0288	0,8209	0,3577	<0,001	0,1833
Valerato	1,45	1,37	1,27	1,35	0,19	0,6398	0,6884	0,7964	<0,0001	0,0137
Total, mM	60,47	58,21	62,51	57,42	3,92	0,7919	0,7273	0,3771	<0,0001	0,1012

Ac:Prop	2,01	2,23	1,88	1,97	0,27	0,7048	0,8118	0,4011	<0,0001	0,0656
AcBut:Prop	2,42	2,75	2,26	2,35	0,30	0,6197	0,6997	0,3104	<0,0001	0,2180
pH ruminal	5,88	6,06	6,02	6,14	0,08	0,0491	0,6982	0,2581	<0,0001	0,3263
<i>N amoniacal</i> , mg/dL	11,29	11,04	9,45	8,88	1,25	0,1433	0,9020	0,6794	<0,0001	0,0004

¹CONT, 20, 40 e 60 % inclusão de DFS com inclusão de 9.3% de bagaço de cana de açúcar.

²*P-Value*: polinômios ortogonais. L = linear; Q = quadrático; C = Cúbico; H = hora; T x H = tratamento x hora.

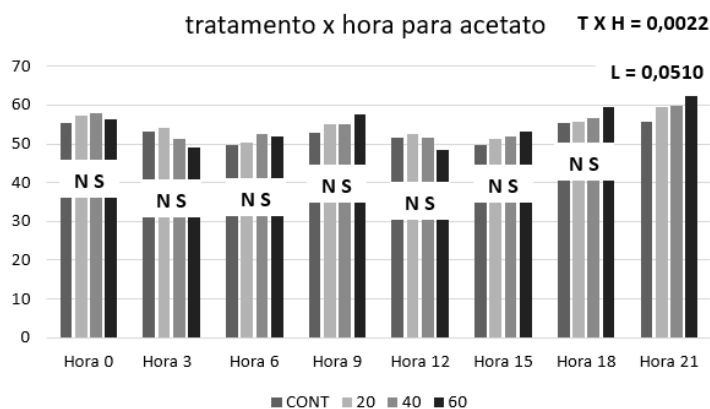


Figura 9. Interação tratamento x hora Acetato.

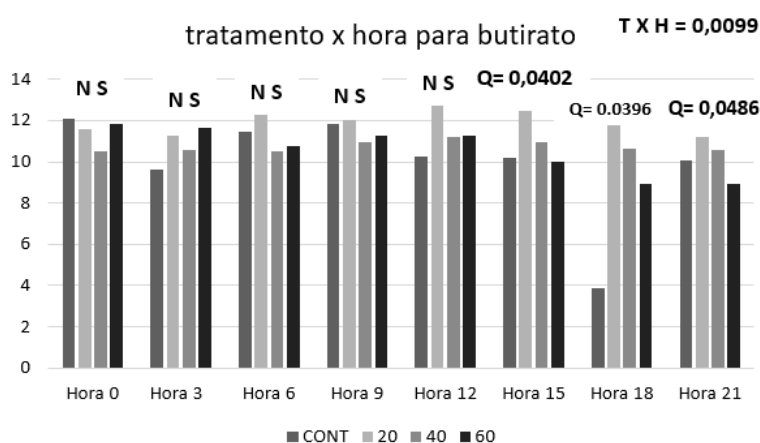


Figura 10. Interação tratamento x hora Butirato.

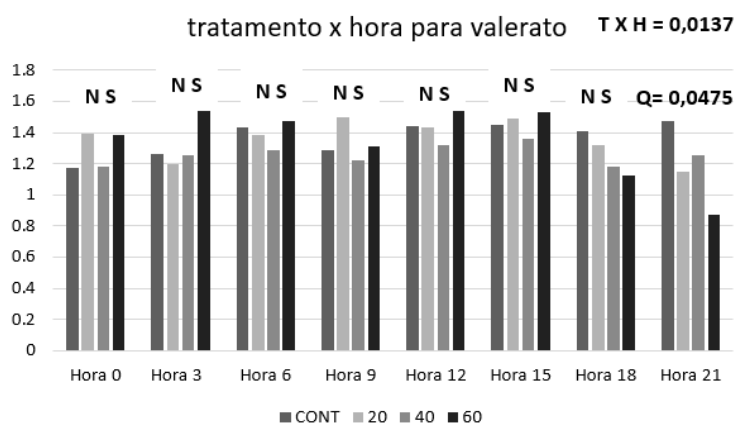


Figura 11. Interação tratamento x hora Valerato.

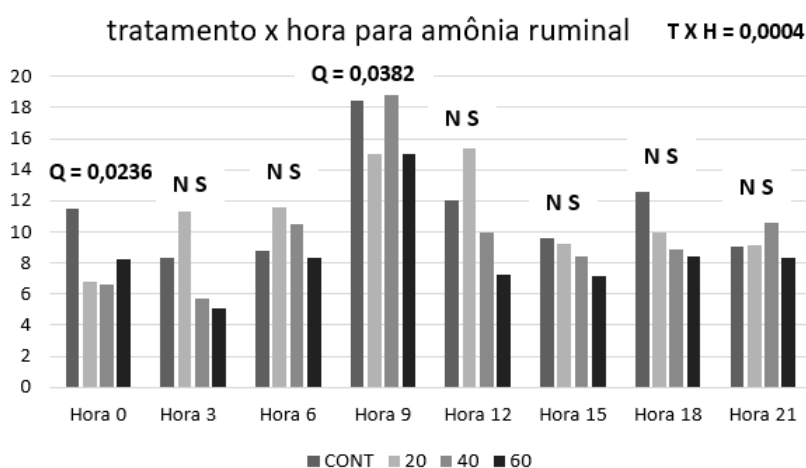


Figura 12. Interação tratamento x hora Amônia ruminal.

4.3 Experimento 3.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os teores de bagaço de cana-de-açúcar e de DFS (Tabela 11). Como o esperado, não houve efeito dos fatores estudados sobre o peso inicial dos animais. Os teores de bagaço de cana avaliados não afetaram o GPD e, conseqüentemente o peso final dos animais. Entretanto, a inclusão de 9,3% de bagaço aumentou o CMS ($P = 0,0006$) e foi observado tendência em reduzir a EA ($P = 0,0915$). Em relação a inclusão de DFS, houve efeito quadrático ($P = 0,0227$) para o GMD e efeito linear crescente para o peso final dos animais ($P = 0,0052$). Além disso,

a inclusão de DFS aumentou linearmente o CMS ($P = 0,0544$), e resultou em efeito quadrático para a EA ($P = 0,0462$).

Em relação aos dados de carcaça, não houve interação entre os níveis de bagaço de cana-de-açúcar e os níveis de inclusão de DFS avaliados ($P > 0,05$). Os teores de bagaço de cana não afetaram o PCQ (peso de carcaça quente; $P = 0,5378$), a AOL (área de olho de lombo; $0,2172$) e a EGS (espessura de gordura subcutânea; $P = 0,1856$), entretanto o aumento na inclusão de bagaço tendeu a reduzir o rendimento de carcaça ($P = 0,0700$). A inclusão de DFS resultou em aumento linear ($P = 0,0329$) no peso de carcaça quente, não sendo observado efeito ($P > 0,05$) do DFS para as demais variáveis avaliadas (Tabela 11).

Não houve interação ($P = 0,4260$; $P = 0,4193$) entre a inclusão de bagaço de cana-de-açúcar e DFS para as concentrações de ELM e ELg das dietas e para as relações entre EL observada e esperada (Tabela 12). Além disso, não foi observado efeito para os teores de níveis de bagaço de cana de açúcar utilizado para as variáveis de ELM e ELg observadas ($P = 0,9433$; $P = 0,9403$). Para níveis de DFS utilizados, foi possível notar uma tendência quadrática para ELM ($P = 0,0888$) e ELg ($P = 0,0889$) observadas. Não foi observado efeito de níveis de DFS nas relações entre EL observada e EL esperada ($P = 0,1404$).

Tabela 11. Desempenho de bovinos de corte Nelore alimentados com diferentes níveis de DFS e bagaço de cana-de-açúcar. Exp 3.

Item	Bagaço de cana		DFS				EPM	P-valor			
	5,3	9,3	0	20	40	60		Bagaço	L	Q	B×DFS
<i>Desempenho</i>											
Peso Inicial	366,3	366,0	366,3	366,1	366,0	366,1	1,85	0,8938	0,9330	0,9399	0,9992
Peso Final	524,9	527,3	516,0	530,0	527,9	530,6	3,41	0,4618	0,0052	0,0918	0,5458
GPD, kg	1,414	1,448	1,336	1,471	1,452	1,466	0,026	0,1926	0,0020	0,0227	0,5102
CMS, kg/d	8,90	9,31	8,93	9,09	9,16	9,24	0,11	0,0006	0,0544	0,7286	0,1172
EA, GPD:CMS	0,159	0,156	0,150	0,161	0,159	0,160	0,002	0,0915	0,0073	0,0462	0,9705
<i>Parâmetros de carcaça</i>											
PCQ, kg	294,4	295,6	290,5	296,8	295,5	297,1	2,01	0,5378	0,0329	0,2653	0,2190
RC, %	56,3	55,8	56,3	56,03	56,2	56,0	0,15	0,0700	0,5014	0,8956	0,7638
AOL, cm ²	77,4	78,5	77,3	78,7	77,9	78,1	0,87	0,2172	0,7470	0,4974	0,3371
EGS, mm	5,66	5,39	5,25	5,76	5,52	5,58	0,20	0,1856	0,4030	0,2523	0,3547

Tabela 12. Efeito dos níveis de bagaço de cana-de-açúcar e de DFS sobre as concentrações de energia das dietas de terminação do Exp 3¹.

Item	Bagaço de cana						EPM	P-valor ²			
	5,3	9,3	0	20	40	60		Bagaço	L	Q	B×DFS
<i>EL Observada, Mcal/kg MS³</i>											
Mantença	2,11	2,11	2,05	2,14	2,11	2,13	0,02	0,9433	0,0616	0,0888	0,4260
Ganho	1,44	1,44	1,39	1,47	1,44	1,45	0,02	0,9403	0,0611	0,0889	0,4193
<i>Relação EL Observada:Esperada</i>											
Mantença	1,03	1,02	1,03	1,04	1,02	1,01	0,01	0,9698	0,1404	0,3587	0,2914
Ganho	1,03	1,03	1,03	1,05	1,02	1,01	0,01	0,9189	0,2243	0,2979	0,3174

¹0,20,40 e 60% (níveis de inclusão de DFS); 5,3 9.3% (níveis de inclusão de bagaço de cana-de-açúcar).

²Contrast analysis: 1) Bagaço vs. DFS.

³Calculado de acordo com Zinn and Shen (1998). Os valores de NDT e os valores de EL esperados das dietas experimentais foram calculados com base nos valores tabulares de NDT e de EL do bagaço de cana, farelo de soja, milho seco e DDGS (usado para DBS) do NASEM (2016), com inclusão de monensina sódica na dieta.

5. DISCUSSÃO

5.1 Níveis de bagaço de cana-de-açúcar na dieta de bovinos em terminação.

A literatura sobre níveis de volumosos (GALYEAN e DEFOOR, 2003; PRITCHARD, 2006; ARELOVICH et al., 2008; GALYEAN e HUBBERT, 2014;) e de grãos destilados (KLOPFESTEIN et al, BREMER et al, NASEM, 2016) em dietas para bovinos em terminação é robusta, entretanto, dados com zebuínos alimentados com milho “flint”, relativos à níveis de volumoso (CAETANO et al., 2015; MARQUES et al, 2016; MELO et al., 2019) e níveis de WFS e DFS nas dietas (FERREIRA et al., 2020; LIMA Jr. et al. 2022; ANTUNES, 2020; MORAES, 2022; BRIXNER, 2023;) são escassos na literatura. Trabalhos que estudaram as interações entre esses dois fatores com animais zebuínos não foram encontrados na literatura revisada.

Na revisão de Galyean e Defoor (2003) ficou demonstrado que em dietas de terminação, pequenas inclusões de volumoso estimulam o CMS e podem aumentar o consumo de energia dos animais e por consequência, podem aumentar o GPD (MARQUES et al., 2016; MELO et al., 2015), porém com redução na EA dos animais (MELO et al., 2019). Esse mecanismo de aumento do CMS é uma tentativa do animal em manter constante o seu consumo de energia (KREHBIEL et al., 2006; NASEM, 2016) e parece ser regulado pela teoria da oxidação hepática (ALLEN, 2009). Quando o aumento no CMS é maior que o necessário para manter a ingestão energética, ocorre aumento no GPD. Segundo Marques et al (2016), esses aumentos no consumo de energia refletem uma sobre compensação que pode ser explicada por fatores como aumento do pH ruminal e taxa de passagem, que vão além da questão da teoria da oxidação hepática.

No presente estudo o aumento do nível de bagaço de cana-de-açúcar na dieta de 5,3 para 9,3% da MS aumentou o CMS de 8,90 para 9,31 kg/animal/dia, um aumento de 4,6%, em acordo com o relatado na literatura (GALYEAN e DEFOOR, 2003; CAETANO et al., 2015; MARQUES et al., 2016; MELO et al., 2019). Entretanto, nos trabalhos de Caetano et al. (2015) com silagem de cana-de-açúcar e nos de Marques et al. (2016) e de Melo et al. (2019) com bagaço de cana-de-açúcar, os aumentos nos CMS resultaram em aumentos nas ingestões de energia e consequentemente em aumentos do GPD dos animais, fato este, não observado no presente estudo. Isso pode ser explicado pelo fato do aumento do CMS não ter sido suficiente para compensar a diluição energética da dieta com a inclusão de mais bagaço de cana. Apesar da não alteração do GPD, a EA dos animais foi melhor com as dietas com 5,3% de bagaço. O efeito positivo da redução do teor de volumoso na dieta sobre a eficiência alimentar de zebuínos também foi observado nos trabalhos de Caetano et al. (2015) e de Melo et al. (2019). Entretanto, a concentração de ELg observada das dietas não diferiu com a inclusão de mais bagaço na dieta, fato este difícil de ser explicado. Mesmo no experimento 1 de metabolismo, com apenas 5,3% de bagaço de cana na dieta e restrição de 5% de fornecimento de ração, o pH ruminal médio foi 5,88, 5,91, 6,14 e 6,12, respectivamente para os níveis 0, 20, 40 e 60% de DFS, indicando um ambiente ruminal saudável para bovinos em terminação (NASEM, 2016). No trabalho de Goulart et al (2020) ficou clara a elevada efetividade da fibra do bagaço de cana em comparação com outros alimentos volumosos. Segundo Tedeschi et. al. (2002), o alto teor de FDN combinado com a baixa digestibilidade, tornam o bagaço de cana altamente eficaz como fonte de volumoso em dietas de terminação de bovinos. As ausências de efeito do nível de bagaço de cana no PCQ, na AOL e na EGS estão em concordância com a ausência de efeito no GPD dos animais, porém o melhor RC dos

animais que consumiram a dieta com 5,3% em comparação com os que consumiram a dieta com 9,3% de bagaço de cana está de acordo com a literatura, que é consistente com o maior RC com dietas com menos volumoso (Santos et al., 2017; Melo et al., 2019), provavelmente em virtude do menor enchimento ruminal com essas dietas (NASEM, 2016).

Lorences et al., (2023) concluíram que em dietas com apenas 15% de grãos destilados (modified DG), o desempenho de bovinos em terminação foi melhor com 12% de silagem de milho que com 6% de palhada de milho. Já, Benton et al. (2015) testaram 3 fontes de volumoso, feno de alfafa, silagem de milho e palhada de milho em 2 níveis de inclusão em dietas para bovinos em terminação contendo ao redor de 60% de milho laminado e silagem de grão úmido (50:50) e 30% de WDGS. Nas dietas consideradas dentro do padrão da indústria americana de confinamento, a inclusão de feno de alfafa foi de 8% da MS da dieta, a de silagem de milho foi de 12,26% e a de palhada de milho foi de 6,08%, com o objetivo de manter o mesmo nível de FDN de volumoso entre as dietas (4,6 a 5,31%). Foram formuladas dietas com teores mais baixos dos mesmos volumosos, com 4% de feno de alfafa, 6,14% de silagem de milho e 3,04% de palhada de milho, mantendo o mesmo nível de FDN de volumoso entre elas (2,3 a 2,44% da MS). Não houve interação entre fonte e nível de volumoso. Os consumos de MS não variaram com as fontes de volumoso, mas foram maiores com os níveis mais altos de volumoso que com os níveis mais baixos, assim como o GPD e o PCQ dos animais. A eficiência alimentar não foi afetada pelos tratamentos. O resultado desse estudo indica que em dietas contendo ao redor de 60% de milho (50% laminado e 50% grão úmido) e 30% de WDGS, não é recomendável formular dietas com menos de 4,6% de FDN de volumoso, apesar dos autores afirmarem que isso poderia ser feito no caso do uso da palhada de milho. De acordo com o NASEM (2016), em dietas

contendo WDGS ou DDGS, não é recomendável reduzir a nível de volumoso abaixo do padrão da indústria americana para bovinos em terminação.

No presente estudo, o CMS também diminuiu com a redução de volumoso na dieta, porém não houve queda no GPD e PCQ dos animais. A dieta com com 5,3% de bagaço, continha 4,6% de FDN de volumoso, similar ao nível padrão da indústria americana testado por Benton et al. (2015). Os dados do presente estudo indicam que é possível trabalhar com dietas contendo 4,6% de FDN de bagaço de cana para tourinhos Nelore, quando as dietas contêm milho flint moído (1,73 mm TMP), independentemente do nível de DFS, mas a inclusão de DFS nas dietas foi capaz de manter níveis mais altos de pH ruminal.

5.2. Níveis de DFS em dietas para bovinos em terminação

Na revisão de Bremer et al. (2011) a inclusão de até 40% de DDGS na dieta de bovinos em terminação em substituição ao milho aumentou o CMS de forma quadrática, com consumo máximo atingido entre 20 e 30% de inclusão na dieta e redução a partir de 30%. Em trabalho mais recente, Ovinge et al. (2020) relataram que a inclusão de 30% de DDGS e alta proteína (HPDG) em substituição ao milho laminado ou ao milho floculado aumentaram o CMS de bovinos em terminação. Nos trabalhos com DFS, Antunes (2020) não observou aumento no CMS com a inclusão de 30% de DFS em comparação com a dieta controle sem DFS, que continha 10% de caroço de algodão, assim como Brixner (2023) não observou diferença em CMS de animais alimentados com dietas contendo 15 ou 45% de DFS. Por outro lado, Moraes (2022) observaram aumento linear do CMS com a inclusão de até 45% de DFS na dieta no trabalho de desempenho e resposta quadrática no trabalho de metabolismo. No presente estudo a inclusão de DFS até 60% da MS da dieta causou aumento linear no

CMS (8,93, 9,09, 9,16 e 9,24 kg) em concordância com os resultados de Moraes (2022). Quando os dados de CMS do presente estudo e os de Moraes (2022), ambos com DFS, são comparados com os dados da revisão de Bremer et. al. (2011), fica claro que ambos os coprodutos de etanol de milho, o DDGS e o DFS têm o potencial de estimular o CMS de bovinos terminados em confinamento com dietas altas em milho. A diferença no padrão de resposta em CMS nos trabalhos com DDGS (resposta quadrática) e nos 2 trabalhos com DFS (resposta linear) podem estar relacionados ao teor mais alto de óleo nos trabalhos mais antigos com DDGS.

Os teores mais elevados do DFS em FDN e EE e menor em CNF que o milho (NASEM, 2016) explicam o aumento linear no consumo de FDN e de EE e a redução no consumo de CNF em relação às dietas controle nos ensaios de digestibilidade. O aumento no consumo de FDN e redução no consumo de CNF corroboram a redução linear da concentração de AGV e da proporção molar de propionato e o aumento linear da proporção molar de acetato, das relações Ac:Prop e AcBut:Prop no experimento 1 e o aumento linear do pH ruminal em ambos os ensaios de metabolismo. Entretanto, nos outros 3 trabalhos produzidos em nosso laboratório, a inclusão de DFS em dietas de terminação não afetou a relação Ac:Prop em 2 trabalhos (Antunes, 2020; Brixner 2023) e diminuiu a relação Ac:Prop em 1 trabalho (Moraes, 2022). O pH ruminal também foi aumentado no trabalho de Brixner (2023) com o aumento de DFS na dieta de 15 para 45%, mas não nos trabalhos de Antunes (2020) e de Moraes (2022). No trabalho de Garland et al. (2019a) a inclusão de 40% de WFS na dieta não alterou a concentração de AGV, a relação Ac:Prop e o pH ruminal em relação à dieta controle alta em milho laminado. Apesar dos dados limitados com DFS e WFS na literatura, não é possível estabelecer um padrão de ação destes alimentos na eficiência da fermentação e no pH ruminais.

A redução linear no teor de N amoniacal no rúmen observada no experimento 1 de metabolismo e em determinados horários do experimento 2 sugerem uma menor degradabilidade ruminal da proteína do DFS em relação à mistura de milho com farelo de soja, entretanto, nas dietas com 40 e 60% de DFS as inclusões de ureia foram menores que nas dietas 0 e 20% de DFS, tornando mais difícil uma avaliação precisa. No trabalho de Antunes (2020), a inclusão de 30% de DFS em substituição à mistura de milho, caroço de algodão e farelo de soja, reduziu a concentração de N amoniacal no rúmen. Já nos trabalhos de Moraes (2022) e de Brixner (2023) não houve alteração nesse parâmetro.

Os dados disponíveis na literatura sobre o efeito da inclusão de coprodutos de etanol de milho na digestibilidade das dietas são inconsistentes e muitas vezes contraditórios com as respostas em desempenho animal e aumento da energia observada das dietas. Nos trabalhos de Corrigan et al. (2009); Vander Pol et al. (2009); May et al. (2010); Luebee et al. (2012); Hales et al. (2012, 2013) a inclusão de WDGS reduziu a digestibilidade das dietas. Em trabalhos com WFS e DFS, Garland et al. (2019c) e Antunes (2020) reportaram efeito negativo dos respectivos coprodutos na digestibilidade da MS das dietas. Já Brixner (2023) não observou diferença na digestibilidade de dietas contendo 15 ou 45% de DFS. Moraes (2022) também não observou efeito da inclusão de DFS até 45% da dieta na digestibilidade da MS, mas numericamente os valores subiram até 15% e depois caíram e houve queda linear no teor de NDT das dietas. No presente estudo, a inclusão de DFS na dieta até 60% causou redução linear na digestibilidade da MS no ensaio de metabolismo 2, com 9,3% de bagaço de cana na dieta. No ensaio 1, com 5,3% de bagaço, não houve efeito do DFS na digestibilidade dos nutrientes.

O efeito negativo dos coprodutos de etanol na digestibilidade da MS da dieta relatado em diversos trabalhos revisados, não suporta o efeito positivo consistente desses ingredientes no desempenho animal, conforme relatado no NASEM (2016) com DDGS e WDGS e com WFS e DFS (Garland et al., 2019c; Ferreira et al., 2020; Antunes, 2020; Lima Jr., 2022; Moraes, 2020; Brixner, 2023) assim como os dados do presente estudo.

As revisões de Kloppfestein et al. (2008), de Bremer et al. (2011), Disconstanzo et al. (2015) e do NASEM (2016) mostram de forma inconsistente que, tanto o WDGS quanto o DDGS têm maior valor energético que o milho dentado americano e que sua inclusão na dieta aumenta o GPD e a EA de bovinos em terminação. De acordo com Bremer et al. (2011) a inclusão de até 40 de WDGS na dieta, em substituição ao milho dentado americano (50% laminado e 50% ensilado úmido), tem efeito quadrático no GPD dos animais, com resposta máxima de GPD com 30% e de EA com 40% de inclusão. O valor alimentar do WDGS foi 30 a 50% maior que do milho, conforme o nível de inclusão na dieta. Já a inclusão de DDGS na dieta causou aumento linear no GDP e na EA dos animais, com valor alimentar 6,45 a 11,3 maior que do milho dentado. O valor alimentar do coproduto úmido é maior que do seco.

Dados com WFS e DFS ainda são pouco disponíveis na literatura. Ferreira et al. (2020) e Antunes (2020) reportaram aumento no GPD e no PCQ, sem diferença na EA dos animais e valor energético das dietas quando o WFS e o DFS substituíram parcialmente o milho flint na dieta. Garland et al. (2019b), Lima Jr. et al. (2022), Moraes (2022) e Brixner (2023) reportaram que tanto o WFS quanto o DFS melhoraram o desempenho de bovinos em terminação e tiveram maior valor energético que o milho dentado americano e que o milho flint brasileiro. Estes dados corroboram

o resultado obtido no presente estudo, onde a inclusão de DFS até 60% da dieta causou aumento quadrático no GPD e na EA, e aumento linear no PCQ dos animais. O desempenho foi otimizado com a inclusão de 20% de DFS na dieta, sem efeito negativo dos níveis de 40 ou 60%. Na inclusão de 20%, o DFS aumentou a ELM da dieta em 3,88% e a ELg em 5,76%, indicando que o DFS teve 19,4 e 28,8% maior teor de ELM e de ELg, respectivamente, que a mistura de milho flint e farelo de soja substituídos na dieta.

Os dados de desempenho animal obtidos neste estudo e na grande maioria da literatura não corroboram os dados dos ensaios de digestibilidade e fermentação ruminal deste estudo e de diversos outros disponíveis na literatura.

CONCLUSÕES

Em dietas contendo milho flint moído e DFS entre 20 e 60%, a redução de 9,3 para 5,3% de bagaço de cana-de-açúcar na dieta reduz o CMS sem efeito negativo no ganho de peso corporal e no ambiente ruminal de tourinhos Nelore.

Em dietas contendo milho flint, a inclusão de DFS até 60% da MS, com 5,3 ou 9,3% de inclusão de bagaço de cana, melhora o desempenho animal.

O DFS tem maior valor energético que misturas de milho flint moído e farelo de soja.

Os resultados de valor energético do DFS obtidos em estudos de digestibilidade não refletem o seu valor real comprovado em estudos de desempenho animal.

LITERATURA CITADA

Allen, MS, Bradford, BJ e Oba, M. (2009). Board Invited Review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. *J Animal Science*, 87(10), 3317–3334. doi:10.2527/jas.2009-1779.

Antunes, Silvio Luis. Inclusão de novos coprodutos derivados do processo de produção de etanol de milho em dietas de terminação de bovinos. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2020. doi:10.11606/D.11.2020.tde-3002020-123459. Acesso em: 2023-06-09.

AOAC international. 1986. Official methods of analysis. 14th ed. AOAC, Arlington, VA. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 12th ed. Washington, 1990. 1313 p.

AOAC. 1997. Official methods of analysis. 16th ed. AOAC Int., Arlington, VA.

Arelovich, HM, Abney, CS, Vizcarra, JA, & Galyean, ML (2008). Effects of Dietary Neutral Detergent Fiber on intakes of dry matter and Net Energy by Dairy and Beef Cattle: Analysis of Published data. *The Professional Animal Scientist*, 24(5), 375–383. doi:10.15232/s1080-7446(15)30882-2.

Azarfar, A., Jonker, A., Hettiarachchi-Gamage, IK, & Yu, P. (2011). Nutrient profile and availability of co-products from bioethanol processing. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)*, 96(3), 450–458. doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01163.x.

Benton, J. R., Watson, A. K., Erickson, G. E., Klopfenstein, T. J., Pol, K. V., Meyer, N. F., & Greenquist, M. A. (2015). Effects of roughage source and inclusion

in beef finishing diets containing corn wet distillers' grains plus solubles. *Journal of animal science*, 93(9), 4358-4367.

Bonnardeaux J (2007) Potential uses for distillers grains. Department of Agriculture and Food. Government of Western Australia. <https://www.scribd.com/document/42277950/Potential-Uses-Grains-042007>.

Bothast RJ, Schlicher MA (2005) Biotechnological processes for conversion of corn into ethanol. *Appl Microbiol Biotechnol* 67:19–25.

Buckner, C.D., Mader, T.L., Erickson, G. E., Colgan ,S. L., Karges, K.K., Gibson, M.L., 2007. Optimum levels of dry distillers grains with solubles for finishing beef steers, *Nebraska Beef Cattle Report*, 90, 36–38.

Bremer, L.M.; Harris, M.E.; Hansen, J.A.H.; JENKINS, K.H.; LUEBBE, M.K. Feeding Value of De-OILED Wet distillers grains plus solubles relative to normal when fed with either dry-rolled corn or steam-flaked corn in beef finishing diets. *Nebraska Beef Cattle Reports*, p. MP101:77-79, 2015.

Bremer, V.R.; WATSON, A. K.; LISKA, A.J.; ERICKSON, G.E.; CASSMAN, K. G.; level in livestock diets on greenhouse gas emissions in the corn-ethanol-livestock life cycle. *Professional Animal Scientist*, v. 27, n. 5. 449-455, 2011.

Brixner, Bárbara Martins. Efeitos da adição de complexo de carboidratos em dietas com diferentes níveis do coproduto de etanol de milho DDBS (fibra seca de destilaria com solúveis) para bovinos de corte em confinamento. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2023. doi: 10.11.2023.tde-11042023-113034. Acesso em: 2023-06-09.

Caetano, M., R. S. Goulart, S. L. Silva, J. S. Drouillard, P. R. Leme, and D. P. Lanna. 2015. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing

performance of Nellore-based cattle. *J. Anim. Sci.* **93**:4023–4033. doi:10.2527/jas.2015-9051.

Cao, Z. J., J. L. Anderson, and K. F. Kalscheur. 2009. Ruminal degradation and intestinal digestibility of dried or wet distillers grains with increasing concentrations of condensed distillers solubles. *J. Anim. Sci.* **87**:3013–3019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim da Safra Brasileira – Safra 22/23. Acompanhamento da Safra. 11^o levantamento.** Agosto 2023. Volume 10, Número 11. Issn: 2318-6852.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira. 2^o levantamento.** Estimativa da produção de etanol a partir do milho. Agosto 2023.

Correa, C. E., R. D. Shaver, M. N. Pereira, J. G. Lauer, and K. Kohn. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, **85**:3008–3012, 2002. doi:10.3168/jds.S0022-0302(02)74386-5.

Corrigan, M. E., T. J. Klopfenstein, G. E. Erickson, N. F. Meyer, K. J. Vander Pol, M. A. Greenquist, M. K. Luebbe, K. K. Karges, and M. L. Gibson. 2009. Effects of level of condensed distillers solubles in corn dried distillers grains on intake, daily body weight gain, and digestibility in growing steers fed forage diets. *J. Anim. Sci.* **87**:4073-4081. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1969>.

Chaney, A. L. E. P. Marbach. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *J. Clin. Chem*, v. 8, p. 130-132, 1962.

De Souza, A. P.; Grandis, A.; Leite, D.; Buckeridge, M Sugarcane as a Bioenergy Source: History, Performance, and Perspectives for Second-Generation

Bioethanol. *Bioenergy Research*, v.7, n.1, p.24-25, 2014. Issn 1939-1234. doi: 10.1007/s12155-013-9366-8.

DICONSTANZO, A. et. al. Ethanol co-products: Changes in the last 15 years, changes to come. *The Plains Nutrition Council*. p. 39-53, 2015.

Ferreira, E. M., A. V. Pires, I. Susin, M. V. Biehl, R. S. Gentil, M. D. O. M. Parente, D. M. Polizel, C. V. D. M. Ribeiro, and E. de Almeida. 2016. Nutrient digestibility and ruminal fatty acid metabolism in lambs supplemented with soybean oil partially replaced by fish oil blend. *Anim. Feed Sci. Technol.* 216:30-39. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.09.007>.

Ferreira, M., Niehues, M. B., Tomaz, L. A., Baldassini, W., Ladeira, M., Arrigoni, M., Martins, L.A., Gionbelli, T., Paulino, P., Neto, O. R. M. Dry matter intake, performance, carcass traits and expression of genes of muscle protein metabolism in cattle fed increasing levels of de-oiled wet distillers grains. (2020). *Animal Feed Science and Technology*, 269, 114627. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114627.

Galyean, ML e Hubbert, ME (2014). Traditional and alternative sources of fiber – Values, effectiveness and levels of fiber at the beginning and end of diets. *The Professional Animal Scientist*, 30 (6), 571-584.

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. doi:10.2527/2003.8114.

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, 2019a.

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,

2019b.

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, 2019c.

Gentry WW, Weiss CP, Meredith CM, McCollum FT, Cole NA, Jennings JS. Effects of roughage inclusion and particle size on performance and rumination behavior of finishing beef steers. *J Anim Sci.* 2016 Nov;94(11):4759-4770. doi: 10.2527/jas.2016-0734. PMID: 27898930.

Goulart, R. S., R. A. M. Vieira, J. L. P. Daniel, R. C. Amaral, V. P. Santos, S. G. Toledo Filho, E. H. Cabezas-Garcia, L. O. Tedeschi, and L. G. Nussio. 2020. Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets: comparison of methods to measure the effectiveness of fiber. *J. Anim. Sci.* doi:10.1093/jas/skaa108.

Goulart RS, Vieira RAM, Daniel JLP, Amaral RC, Santos VP, Toledo Filho SG, Cabezas-Garcia EH, Tedeschi LO, Nussio LG. Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets on feed intake, ingestive behavior, and ruminal kinetics. *J Anim Sci.* 2020 May 1;98(5):skaa107. doi: 10.1093/jas/skaa107. PMID: 32386225; PMCID: PMC7344115.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. Forage fiber analyses. Beltsville: USDA, 1970. 20p. (Agriculture Handbook n.379).

Hales, K. E., Cole, N. A., & MacDonald, J. C. (2012). Effects of corn processing method and dietary inclusion of wet distillers grains with solubles on

energy metabolism, carbon– nitrogen balance, and methane emissions of cattle. *Journal of Animal Science*, 90(9), 3174-3185.

Hales, K. E., Cole, N. A., & MacDonald, J. C. (2013). Effects of increasing concentrations of wet distillers grains with solubles in steam-flaked, corn-based diets on energy metabolism, carbon-nitrogen balance, and methane emissions of cattle. *Journal of animal science*, 91(2), 819-828.

Iram, A., Cekmecelioglu, D., & Demirci, A. (2020). Distillery dry grains with soluble (DDGS) and their potential as a raw material for fermentation. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(14), 6115–6128. doi:10.1007/s00253-020-10682-0.

Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R., 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science* 86, 1223–1231. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0550>.

Krehbiel, C. R., Cranston, J. J., & McCurdy, M. P. (2006). An upper limit for caloric density of finishing diets. *Journal of Animal Science*, 84(suppl_13), E34-E49.

LAMMERS, B.P. *et al.* A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, n.79, n.5, p.922-928, 1996.

Lima Junior, A., Meschiatti, M. A., Gouvêa, V. N., Dantas, V., Antonelo, D. S., Escobar, R., Barbosa, G., Mendonça, J. P., Silva, M., MacDonald, J., Santos, F. A. P. Effects of corn bran plus solubles and corn oil on growth performance and carcass traits of finishing bulls, *Journal of Animal Science*, Volume 97, Issue Supplement_3, December 2019, Pages 436–437, <https://doi.org/10.1093/jas/skz258.864>.

Liu K. Chemical composition of distillers grains: a review. *J Agr Food Chem* 2011; 59: 1508–1526.

Lorences, S., Troyer, BC, Norman, MM, MacDonald, JC e Erickson, GE (2023). Impact of Constant Inclusion or Decreasing Inclusion or decreasing inclusion of distillers grains with high quality or low quality roughage on finishing cattle performance, 47. Nebraska Beef Cattle Report.

Luebbe, M. K., Patterson, J. M., Jenkins, K. H., Buttrey, E. K., Davis, T. C., Clark, B. E., & MacDonald, J. C. (2012). Wet distillers grains plus solubles concentration in steam-flaked-corn-based diets: Effects on feedlot cattle performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and ruminal fermentation characteristics. *Journal of animal science*, 90(5), 1589-1602.

MACDONALD, J. Does removing nutrient components from distillers grains affect the feeding value for beef cattle. 22nd Annual Distillers Grains Symposium, Des Moines – Iowa – United States, 16-1- May, 2018, 30 slides. 2018.

Marques, R. S., L. J. Chagas, F. N. Owens, and F. A. P. Santos. 2016. Effects various roughage levels with whole Flint corn grain on performance of finishing cattle. *J. Anim. Sci.* **94**:339–348. doi:10.2527/jas.2015–9758.

MATEO, Kristina S. et al. Evaluation of Feeding Varying Levels of Wet Distillers Grains with Solubles as Compared to Dry Distillers Grains with Solubles to Finishing Steers. Animal Science Reports. 2004.

May, M. L. 2008. The effects of grain processing method, wet and dry distiller's grains with solubles and roughage level on performance and carcass characteristics of finishing cattle. MS Thesis. Kansas State Univ., Manhattan. <http://hdl.handle.net/2097/537>.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *J. Animal Sci.* 64:1548-1558, 1987.

MELO, Antonio Humberto Fleury de. Processamento de grãos de milho e

concentrações de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) do bagaço de cana in natura em dietas para bovinos em terminação. 2015. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. doi:10.11606/T.11.2015.tde-29092015-113312. Acesso em: 2023-08-19.

Milton, C. T., R. T. Brandt Jr., and S. A. Shuey. 1994. Roughage levels and comparison of mixed rations vs. self-feeders in whole shelled corn finishing programs. Cattlemen's Association, Kansas State University, Manhattan, KS. p. 21–23.

Moraes, João Marcos Meneguel de. Níveis de inclusão de fibra seca com solúveis de destilaria de etanol de milho em dietas para bovinos terminados em confinamento. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2022. doi: 10.11606/D.11.2022.tde-03012023-104848. Acesso em: 2023-06-09.

NASEM. 2016. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Nutrient requirements of beef cattle model. 8th rev. ed., Washington, DC: National Academic Press.

NAGARAJA, T. G.; LECHTENBERG, K. F. Acidosis in feedlot cattle. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, Philadelphia, v. 23, n. 2, p. 333-350, 2007.

Ovinge, Lauren & McPhilips, L.J. & Boyd, B.M. & Erickson, Galen. (2020). Effect of Conventional or High Protein Dry Distillers Grains Plus Solubles in Either Dry- Rolled or Steam- Flaked Corn Based Diets on Finishing Performance of Steers.

Ovinge, Lauren & Norman, Mitch & Wilson, Hannah & Wheeler, Kaylee & Erickson, Galen. (2020). Effect of Conventional or High Protein Dry Distillers Grains

Plus Solubles in Either Dry- Rolled or Steam- Flaked Corn Based Diets on Amount and Site of Nutrient Digestion.

OWENS, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. Acidosis in cattle: a review. *Journal of Animal Science*, Champaign, v. 76, n. 1, p. 275-286, 1998.

Palowski A, Yang Z, Jang J, Dado T, Urriola PE, Shurson GC. Determination of in vitro dry matter, protein, and fiber digestibility and fermentability of novel corn coproducts for swine and ruminants. *Transl Anim Sci*. 2021 Mar 19;5(2):txab055. doi: 10.1093/tas/txab055.

PHILIPPEAU, C.; MICHALET-DOUREAU, B. Influence of genotype and ensiling of corn grain on in situ degradation of starch in the rumen. **Journal of Dairy Science**, Lancaster, v.81, p.2178-2184, 1998.

Pritchard, R. H. (2006). Processing effects on management: Type, form, and level of roughage. In *Cattle Grain Processing Symposium*, Oklahoma State University, Stillwater, OK. [http://beefextension.com/files/Proceedings% 20final. pdf](http://beefextension.com/files/Proceedings%20final.pdf) (Accessed 19 February 2019).

Samuelson, KL, Hubbert, ME, Galyean, ML, & Löest, CA (2016). Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2015 New Mexico State and Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science*, 94 (6), 2648-2663. Doi. 10.2527/jas.2016-0282.

Sarturi, J. O.; Erickson, Galen E.; Klopfenstein, Terry; Vasconcelos, Judson; Griffin, William A.; Rolfe, Kelsey; Benton, Joshua R.; and Bremer, Virgil R., "Effect of sulfur content in wet or dry distillers grains fed at several inclusions on cattle growth performance, ruminal parameters, and hydrogen sulfide" (2013). *Faculty Papers and Publications in Animal Science*. 788. <https://digitalcommons.unl.edu/animalscifacpub/788>.

Silva, L. F. P., Hegarty, R. S., Meale, S. J., Costa, D. A. F., & Fletcher, M. T. (2022). Using the natural abundance of nitrogen isotopes to Identify cattle with greater efficiency in protein-limiting diets. *animal*, *16*, 100551. doi: 10.1016/j.animal.2022.100551.

SILVESTRE, Antonio Marcos; MILLEN, Danilo Domingues. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, 2021.

Singh, V., Rausch, K. D., Yang, P., Shapouri, H., Belyea, R. L., & Tumbleson, M. E. 2001. Modified Dry Grind Ethanol Process. *Cereal Chemistry* 82:187-190

SCOT CONSULTORIA. DDG e WDG. Análise conjuntural do Mercado em junho de 2023. Informativo Mensal, volume 3. Número 64.

Stock, R. A., J. M. Lewis, T. J. Klopfenstein, and C. T. Milton. 2000. Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. **Journal Animal Science**. 77:1-12.

Swanson KC, Carlson ZE, Ruch MC, Gilbery tcm UNDERDAHL SR, KEOMANIVONG FE, BAUER ML, ISLAS A. Influence of for age source and forage inclusion level on growth performance, feeding behavior, and carcass characteristics in finishing steers. *J Anim Sci*. (95)3:1325-1334, 2017.

Tedeschi, L. O., D. G. Fox, A. N. Pell, D. P. D. Lanna, and C. Boin. 2002. Development and evaluation of a tropical feed library for the Cornell Net Carbohydrate and Protein System model. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 59:1-18. doi:10.1590/S0103- 90162002000100001.

Traxler, M. J., D. G. Fox, T. C. Perry, R. L. Dickerson, and D. L. Williams. 1995. Influence of roughage and grain processing in high-concentrate diets on the performance of long-fed Holstein steers. *J. Anim. Sci.* 73:1888–1900.

Utley, P. R., and W. C. McCormick. 1980. Evaluation of protein sources in whole shelled corn-based steer finishing diets. *J. Anim. Sci.* 50:323–328.

Uwituzet S, Parsons GL, Karges KK, Gibson ML, Hollis LC, Higgins JJ, Drouillard JS. Effects of distillers grains with high sulfur concentration on ruminal fermentation and digestibility of finishing diets. **Journal Animal Science** 2011; 89: 2817–2828.

Van Soest, P. J., J. B. Robertson, and B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).

Vander Pol, K. J., M. K. Luebke, G. I. Crawford, G. E. Erickson, and T. J. Klopfenstein. 2009. Performance and digestibility characteristics of finishing diets containing distillers grains, composites of corn processing coproducts, or supplemental corn oil. *J. Anim. Sci.* 87:639-652. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1036>.

Weiss, W. P., H. R. Conrad, and N. R. St. Pierre. 1992. A theoretically-based model for predicting total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.* 39:95-110. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90034-4).

Weiss, C. P., W. W. Gentry, C. M. Meredith, B. E. Meyer, N. A. Cole, L. O. Tedeschi, F. T. McCollum, and J. S. Jennings. 2017. Effects of roughage inclusion and particle size on digestion and ruminal fermentation characteristics of beef steers. *J. Anim. Sci.* **95**:1707–1714. doi:10.2527/jas.2016.1330.

YU, P.; Huber, J. T.; Santos, F. A. P.; Simas, J. M.; Theurer, C. B. Effects of Ground, Steam-Flaked, and Steam-Rolled Corn Grains on Performance of Lactating Cows. *Journal of Dairy Science*, v. 81, n. 3, p. 777-783, 1 mar. 1998.

Zinn, R. A., A. Barreras, L. Corrona, F. N. Owens, and A. Plascencia. 2011. Comparative effects of processing methods on the feeding value of maize in feedlot cattle. *Nutr. Res. Rev.* 24:183– 190. doi:10.1017/S0954422411000096.

Zinn, R. A., and Y. Shen. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *J. Anim. Sci.* 76:1280–1289.