

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO

TORTA DE ALGODÃO COMO FONTE DE FIBRA EFETIVA NA DIETA
DE NOVILHOS NELORE TERMINADOS EM CONFINAMENTO

Angelo Herbet Moreira Arcanjo

CAMPO GRANDE, MS

2023

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE DOUTORADO**

**TORTA DE ALGODÃO COMO FONTE DE FIBRA EFETIVA NA
DIETA DE NOVILHOS NELORE TERMINADOS EM
CONFINAMENTO**

Angelo Herbet Moreira Arcanjo

Orientador: Prof. Dr. Luís Carlos Vinhas Ítavo

Tese apresentada à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, como requisito à obtenção do título de Doutor em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção e Nutrição de Ruminantes.

CAMPO GRANDE, MS

2023

Ficha catalográfica (verso da página de rosto)



Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul



Certificado de aprovação

ANGELO HERBET MOREIRA ARCANJO

**TORTA DE ALGODÃO COMO FONTE DE FIBRA EFETIVA NA DIETA DE NOVILHOS NELORE
TERMINADOS EM CONFINAMENTO**

**COTTONSEED CAKE AS AN EFFECTIVE FIBER SOURCE IN THE DIET OF NELLORE STEERS
FINISHED IN FEEDLOT**

Tese apresentada à Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul,
como requisito para obtenção do título
de Doutor em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção Animal.

Aprovado em: 15-02-2023

BANCA EXAMINADORA:

Dr. Luis Carlos Vinhas Itavo
(UFMS) – (Presidente)

Dr. Alexandre Menezes Dias
(UFMS)

Dr. Gelson dos Santos Difante
(UFMS)

Dr. Rodrigo Gonçalves Mateus
(UCDB)

Dra Vanessa Zírondi Longhini
(UFMS)



Documento assinado eletronicamente por **Alexandre Menezes Dias**, Professor do Magisterio Superior, em 15/02/2023, às 19:38, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Gonçalves Mateus**, Usuário Externo, em 15/02/2023, às 21:39, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luis Carlos Vinhas Itavo**, Professor do Magisterio Superior, em 15/02/2023, às 22:13, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gelson dos Santos Difante**, Professor do Magisterio Superior, em 16/02/2023, às 07:46, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Zironi Longhini**, Professora do Magistério Superior, em 16/02/2023, às 07:51, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Camila Celeste Brandao Ferreira Itavo**, Professora do Magistério Superior, em 23/02/2023, às 12:48, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 3854182 e o código CRC 76DA1694.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

DEDICATÓRIA

Dedico essa obra aos meus pais, Angelo Miguel Arcanjo (in memoria) e Zita Moreira Arcanjo, por acreditarem no meu potencial e sempre incentivarem meus estudos e trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre iluminado meus caminho.

À Universidade Federal do Mato Grosso do Sul (UFMS) e ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal (PPGCA), pelo ensino e infraestrutura de ensino, ciência e tecnologia disponibilizados durante meu doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior por conceder a bolsa de doutorado.

Aos meus pais, Angelo Miguel Arcanjo e Zita Moreira Arcanjo, por me incentivarem nos meus estudos.

Aos meus irmãos Helder Moreira Arcanjo, Ana D'Arc Moreira Arcanjo e Anderson Moreira Arcanjo por todo incentivo.

Ao professor Luis Carlos Vinhas Ítavo, por me orientar, pelos conhecimentos compartilhados comigo e pela amizade.

Aos professores Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo, Alexandre Menezes Dias, Gelson dos Santos Difante, Gumercindo Lorian Franco, Vanessa Zironi Longhini por participarem e contribuírem com o projeto de pesquisa.

As técnicas do Laboratório de Forragicultura, Laboratório de Nutrição Aplicada, Laboratório de Qualidade da Carne e Laboratório de Multiuso: Ingrede Duarte, Lucimara Nonato, Samara e Adriana, por todo o suporte técnico durante as análises.

Aos discentes e pesquisadores do PPGCA/UFMS; Antonio Leandro Chaves Gurgel, Manoel Gustavo Paranhos da Silva, Juliana Caroline Santos Santana, Fernanda de Kássia Gomes, Omar Ali, Eduardo de Assis Lima, Flavio de Aguiar Coelho, Jéssica Gomes Rodrigues, Marislayne de Gusmão Pereira, Anderson Ramires Candido, Carolina Marques Costa, Amarildo Pedro da Silva; pela ajuda e amizade.

Aos estagiários, Estevão e Afonso, e aos bolsistas de iniciação científica Andressa, Othon, Giovanna, Laura, Rafael e Ana Helen pela ajuda na condução do experimento e amizade.

Sonha e serás livre de espírito... luta e serás livre na vida.

(Che Guevara)

Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ontem e o outro se chama amanhã, portanto hoje é o dia certo para amar, acreditar, fazer e principalmente viver.

(Dalai Lama)

RESUMO

ARCANJO, A. H. M. Torta de algodão como fonte de fibra efetiva na dieta de novilhos nelore terminados em confinamento. 2023. Tese (Doutorado) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

A torta de algodão (TA) é um coproduto rico fibra em detergente neutro (FDN), o que permite sua utilização como fonte de fibra em dietas sem forragem para animais ruminantes. Objetivou-se avaliar a TA como fonte de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) em substituição à silagem de milho (SM) na dieta de bovinos de corte terminados em confinamento. Foram utilizados 24 novilhos Nelore (*Bos taurus indicus* L.), com peso vivo (PV) médio de 377,8 kg e idade aproximada de 24 meses. Os tratamentos foram: dieta com 30% de forragem na forma de SM, e dieta sem forragem contendo 30% de TA como fonte de fibra, baseada na matéria seca (MS). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e 12 repetições. Houve interação entre fonte de fibra e nutriente no material retido na *Penn State Particle Separator*, a TA apresentou maior FDNfe (partículas ≥ 8 mm) que a SM. As maiores concentrações ($p < 0,05$) de FDNfe e a digestibilidade *in vitro* de FDNfe foram para TA. Os novilhos alimentados com TA apresentaram maior tempo de alimentação e, eficiência de alimentação, com menor tempo de ruminação e eficiência de ruminação ($p < 0,05$). Os consumos de MS, matéria orgânica (MO), FDN, FDNfe, proteína bruta (PB) e carboidratos não fibroso (CNF) dos bovinos alimentados com dieta SM foram maiores ($p < 0,05$), e o consumo de extrato etéreo dos bovinos alimentados com dieta TA foi maior ($p < 0,05$). As digestibilidades da MS, MO, FDN e da PB foram maiores para dieta SM ($p < 0,05$), e o consumo de CNF tendeu ser maior ($p = 0,09$) para dieta TA. Não houve interação entre dietas e períodos ($p > 0,05$) para o PV e conversão alimentar, os bovinos alimentados com SM apresentaram maiores PV nos períodos de 0-15 e 15-30 dias. Houve interação entre dietas e períodos para ganho de peso total (GPT), ganho médio diário (GMD) e eficiência alimentar (EA). Foi observado que os animais alimentados com dieta TA tiveram uma adaptação mais difícil (0-15 dias), mas o GMD e a EA recuperou aos 15-30 dias, o GMD e o GPT foi maior à partir dos 30-60 dia. A dieta TA promoveu maior peso e rendimento de carcaça ($p < 0,05$). Não houve interação entre tempos de maturação e fontes de fibra. A maturação por 7 dias tendeu a promover ($p = 0,05$) melhoria na força de cisalhamento. A dieta SM apresentou maiores concentrações ($p < 0,05$) de ácidos graxos C16:1, C18:1n9c, C18:3n3, C22:2, ácidos graxos monoinsaturados e $\omega 9$ na carne. A dieta TA

apresentou maiores concentrações ($p < 0,05$) de ácidos graxos C15:0, C18:1n9t, C18 :2n6c, 20:3n3, $\omega 6$ e relação $\omega 6:\omega 3$ na carne. A dieta com SM promoveu maiores custos totais por animal (U\$ 408,41 vs. U\$ 336,06) e custos diários (U\$ 3,65 vs. U\$ 3,00). O tratamento TA teve maior margem líquida (U\$ 106,98/animal). A TA pode ser utilizada em confinamentos de bovinos de corte como fonte de FDNfe em dietas isentas de forragens. Pois melhora o desempenho animal, estimula a ruminação, aumenta a relação $\omega 6:\omega 3$ na carne bovina e diminui os custos no confinamento.

Palavras chaves: *Bos taurus indicus* L., coproduto, fibra fisicamente efetiva, silagem de milho, torta de algodão, volumoso.

ABSTRACT

ARCANJO, A. H. M. Cotton cake as a source of physically effective fiber in the diet of Nellore steers (*Bos taurus indicus* L.) finished in confinement. 2023. Thesis (Doctorate) – Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2023.

Cottonseed cake (CSC) is a co-product rich in neutral detergent fiber (NDF), which allows its use as a source of fiber in forage-free diets for ruminant animals. The objective was to evaluate CSC as a source of physically effective fiber (peNDF) replacing corn silage (CS) in the diet of feedlot finished beef cattle. Twenty-four Nellore bulls (*Bos taurus indicus* L.) were used, with an average body weight (BW) of 377.8 kg and an approximate age of 24 months. The treatments were: diet with 30% forage in the form of CS, and diet without forage containing 30% CSC as a source of fiber, based on dry matter (DM). The design used was completely randomized with two treatments and 12 replications. There was an interaction between fiber source and nutrient in the material retained in the *Penn State Particle Separator*, CSC had higher peNDF (particles ≥ 8 mm) than CS. The highest concentrations ($p < 0.05$) of peNDF and *in vitro* digestibility of peNDF were for CSC. Bulls fed with CSC showed longer feeding time and feeding efficiency, with less rumination time and rumination efficiency ($p < 0.05$). The intake of DM, organic matter (OM), NDF, peNDF, crude protein (CP) and non-fiber carbohydrates (NFC) of bovines fed CS diet were higher ($p < 0.05$), and the consumption of ether extract of cattle fed CSC diet was higher ($p < 0.05$). Dry matter, OM, NDF and CP digestibility were higher for CS diet ($p < 0.05$), and NFC consumption tended to be higher ($p = 0.09$) for CSC diet. There was no interaction between diets and periods ($p > 0.05$) for BW and feed conversion, bovines fed with CS showed higher BW in periods of 0-15 and 15-30 days. There was interaction between diets and periods for total weight gain (TWG), average daily gain (ADG) and feed efficiency (FE). It was observed that animals fed CSC diet had a more difficult adaptation (0-15 days), but ADG and FE recovered at 15-30 days, ADG and TWG were higher from 30-60 days. The CSC diet promoted higher weight and carcass yield ($p < 0.05$). There was no interaction between maturation times and fiber sources. Maturation for 7 days tended to promote ($p = 0.05$) improvement in shear strength. The CS diet showed higher concentrations ($p < 0.05$) of C16:1, C18:1n9c, C18:3n3, C22:2, monounsaturated and $\omega 9$ fatty acids in meat. The CSC diet showed higher concentrations ($p < 0.05$) of C15:0, C18:1n9t, C18:2n6c, 20:3n3,

$\omega 6$ and $\omega 6:\omega 3$ ratio in meat. The CS diet promoted higher total costs per animal (US\$ 408.41 vs. US\$ 336.06) and daily costs (US\$ 3.65 vs. US\$ 3.00). The CSC treatment had the highest net margin (US\$ 106.98/animal). Cottonseed cake can be used in feedlots for beef cattle as a source of peNDF and forage-free diets. Because it improves animal performance, stimulates rumination, increases the $\omega 6:\omega 3$ ratio in beef and reduces confinement costs.

Keywords: *Bos taurus indicus* L., co-product, physically effective fiber, corn silage, cotton cake, roughage.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1. Pecuária de corte brasileira	15
2.2. Sistema de confinamento de bovinos de corte e alimentos utilizados	16
2.3. Uso de dietas de alto concentrado para bovinos de corte em confinamento	21
2.4. Conceito e avaliações da fibra fisicamente efetiva para ruminantes	24
2.5. Coprodutos como fonte de fibra fisicamente efetiva	25
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	28
ARTIGO I - Efetividade da fibra da torta de algodão incluída na dieta de novilhos Nelore terminados em confinamento.....	38
Introdução	40
Material e métodos.....	41
Resultados	45
Discussão	49
Conclusão.....	54
Referências.....	54
ARTIGO II - Consumo, parâmetros produtivos e metabólicos de tourinhos Nelore alimentados com dieta isenta de forragem utilizando torta de algodão como fonte de fibras..	59
Introdução	61
Material e Métodos	62
Resultados	66
Discussão	71
Conclusão.....	75
Agradecimentos	75
Referências bibliográficas.....	76
ARTIGO III - Características da carcaça e da carne de tourinhos Nelore alimentados com dieta sem forragem utilizando torta de algodão como fonte de fibras.....	81
1. Introdução	83
2. Material e Métodos	84
3. Resultados	90
4. Discussão	94
5. Conclusão.....	96
6. Declaração de Interesse Concorrente.....	96
7. Agradecimentos	97
8. Referências.....	97

ARTIGO IV - Torta de algodão como alternativa economicamente viável a fibra de forragem em dieta de alto concentrado para terminação de bovinos de corte em confinamento	105
Introdução	107
Materiais e métodos	108
Resultado.....	111
Discussão	113
Conclusão.....	114
Agradecimentos	114
Financiamento.....	115
Declarações	115
Referências.....	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS	118
ANEXO	119

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte brasileira é caracterizada por ter quase todos sistemas de produção serem manejados em pastagens, entretanto, cerca de 15% dos animais abatidos são terminados em sistemas de confinamento (ABIEC, 2022; FONSECA et al., 2022). Em anos que a arroba do boi gordo está valorizada e tendo grande oferta de milho no mercado, há um aumento do número de bovinos terminados em confinamento (PAULINO, 2018).

O confinamento de bovinos de corte demanda grande quantidade de insumos para suprir as necessidades nutricionais e proporcionar uma melhor eficiência alimentar dos animais. Nos últimos anos tem aumentado cada vez mais a participação dos grãos, em especial o milho, em detrimento da participação do volumoso em dietas de confinamento de bovinos de corte (PAULINO et al., 2013). A inclusão de volumoso nas dietas de confinamentos teve redução de cerca de 42% nas últimas décadas, tendo uma inclusão média de 16,8% (SILVESTRE & MILLEN, 2021).

Dietas com alto teor de amido podem causar distúrbios ruminais, principalmente quando mau balanceamento dessas dietas. O amido é fermentado rapidamente no rúmen, e em excesso pode ocasionar a acidificação e aumento da osmolaridade ruminal em função do rápido acúmulo de ácidos no rúmen, podendo evoluir para uma acidose clínica (McDONALD et al., 2022). A acidose subclínica é a enfermidade mais ocorrente em confinamentos brasileiros, podendo ser detectada pela ocorrência de grandes flutuações no consumo diário de alimentos, promovendo redução no desempenho animal e perdas econômicas significativas (GOMES et al., 2015).

A inclusão de coprodutos fibrosos, em dietas com alto teor de amido, pode favorecer uma otimização do pH, por esses coprodutos apresentarem níveis adequado de fibra fisicamente efetiva (GOULART et al., 2020ab; SCHNEID et al., 2022; SILVA et al., 2022). Além de conterem menor quantidade de amido degradável e maiores quantidade de componentes solúveis da parede celular, proteína bruta, açúcares totais e fibra potencialmente digestível (VALADARES FILHO et al., 2016).

A maioria dos confinamentos brasileiros utilizam coprodutos na inclusão das dietas, e os coprodutos da cultura do algodão tem sido os mais utilizados, se destacando o caroço de algodão e a torta de algodão (SILVESTRE & MILLER, 2021). A torta de algodão tem sido utilizado na alimentação de ruminantes como concentrado proteico, devido aos teores de proteína bruta e

proteína não degradada no rúmen (COUTO et al. 2012); como fonte de gordura protegida (BARDUCCI et al. 2016); e devido aos seus níveis de fibra, tem potencial para ser usada como volumoso em dietas isentas de forragem (PAULINO et al., 2013). Sua utilização em dietas de alto concentrado ou em dietas isentas de forragem, inclui concentrações de fibra necessária para estimular a ruminação e manter o ambiente ruminal saudável (GOULART et al., 2020b), além de facilitar as operações de mistura e fornecimento da dieta.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Pecuária de corte brasileira

O sistema de produção de bovinos de corte no Brasil é baseado quase exclusivamente em pastagens de gramíneas e leguminosas, tendo papel primordial para a sustentabilidade e rentabilidade do sistema (FONSECA et al., 2022). O que faz a atividade seja competitiva, já que os demais países exportadores de carne terem um sistema de produção mais baseado em confinamento com uso de grande quantidade de insumos (HOCQUETTE et al., 2018).

No Brasil, maior parte das pastagens cultivadas são ocupadas por gramíneas nativas das savanas africana, em especial as do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*). A escolha por essas gramíneas ocorre devido à maior capacidade de suporte em comparação as espécies nativas brasileiras e a rápida rebrota necessária aos sistemas de produção animal, uma vez que passaram por um longo processo evolutivo nas estepes e savanas africanas (VALLE et al., 2009). Essas gramíneas são bem adaptadas aos biomas brasileiros (Cerrado, Mata Atlântica e Amazônia) o que elevou a produção de bovinos no Brasil-Central a partir das décadas de 1960 com a introdução das primeiras cultivares (FONSECA et al., 2022).

Outra característica da pecuária de corte brasileira é ter grande participação das raças zebuínas (*Bos taurus indicus* L.) no rebanho nacional, representando cerca de 80% da composição genética dos rebanhos, seja como raças puras, cruzamentos e na formação de raças sintéticas e compostas (FERRAZ & SHIMBO, 2006). Tendo destaque a raça Nelore como a principal raça bovina de corte estando presente em todos regiões produtores e a principal raça em sistemas de criação a pasto e terminação em confinamento.

A raça Nelore é originária do estado indiano de Andhra Pradesh, especificamente entre as cidades de Ongole e Nellore (PHANIRAJA & PANCHASARA, 2009; SREENIVAS, 2013), as quais deram origem aos nomes da raça na Índia e no Brasil, respectivamente. Foi introduzida no Brasil no final do século XIX, por meio de importações vindas da Índia e organizadas por pecuaristas da região de Uberaba - MG (SANTOS, 2005).

O uso das matrizes Nelore em cruzamento industrial com touros taurinos (*Bos taurus taurus* L.) propicia aumento do vigor híbrido, devido à distância genética entre as raças dentro da espécie bovina (*Bos taurus* L.), como exemplo o cruzamento das raças Angus e Nelore (*Bos taurus taurus* L. × *Bos taurus indicus* L.). Além disso, propicia maior complementaridade entre as características das raças, onde o Nelore supre a falta de adaptação do Angus aos trópicos, por sua vez, Angus aumenta precocidade e qualidade da carne onde supre a falta do Nelore (FERRAZ & SHIMBO, 2006; SÁ FILHO et al., 2018).

O Nelore brasileiro tem apresentado desempenhos expressivos, desde sistemas extensivos a sistemas intensivos, com suplementação na recria e terminação em confinamento (MALAFAIA, 2018). Produzindo carne de qualidade que é exportada para mais de 146 países e cada vez mais tem suprido a demandada pelos consumidores do Brasil e do restante do mundo (FREITAS, 2013).

2.2. Sistema de confinamento de bovinos de corte e alimentos utilizados

Dentre os 39,1 milhões de bovinos abatidos em 2021, cerca de 6 milhões de cabeças (15,4% do total abatido) foram provenientes de terminação em sistema de confinamento (ABIEC, 2022). Com aumento das exportações de carne nos últimos anos, o uso desse tipo de tecnologia tem aumentado, com predominância de maior participação dos grãos em relação ao volumoso (PAULINO, 2018).

A estratégia de terminação em confinamento permite liberar áreas de pastagens e reduzir a lotação animal no período de seca, quando há estacionalidade das pastagens, e disponibilizando as pastagens para as outras categorias do rebanho. Finalizando os animais a um tempo mais curto do que seria a pasto, substituindo tecnicamente cerca de oito meses de pastejo por 80 dias de confinamento (LANNA & ALMEIDA, 2005). Scaglia et al. (2012) observaram que os novilhos da raça Angus terminados com uma dieta em confinamento tiveram um ganho de peso maior e melhores características de carcaça, com exceção da coloração da

gordura e músculo, em relação aos novilhos terminados em sistemas de pastagens com festuca ou alfafa.

Cerca de 89% do confinamentos brasileiros utilizam uma relação concentrado:volumoso acima de 50% da matéria seca, tendo o grão de milho como principal insumo utilizado nos confinamentos de bovinos de corte, sendo representado por 97,2% dos grão como fonte energética (SILVESTRE & MILLEN, 2021).

O milho grão tem tanta importância para a produção animal que seu preço afeta direta o custo de produção, principalmente por ser uma *commodit*, afetando diretamente o preço da proteína animal ao consumidor. O grão de milho apresenta uma anatomia que é dividida em pericarpo, endosperma, gérmen e ponta, as quais diferem em composição química (Tabela 1) e na organização dentro do grão (MÔRO & FRITSCHÉ-NETO, 2017).

Tabela 1. Composição química média do grão maduro de milho e de seus componentes, em porcentagem (%).

Fração	Grão	Amido	Proteínas	Lipídeos	Açúcares	Cinzas
Grão inteiro	100,0	73,5	9,0	4,3	1,9	1,5
Endosperma	82,6	87,6	7,9	0,83	0,62	0,33
Embrião	11,1	8,0	18,3	33,5	10,5	10,6
Pericarpo	5,4	7,2	3,6	1,03	0,36	0,85
Ponta	0,8	5,3	9,1	3,8	1,61	1,59

Fonte: Môro e Fritsche-Neto (2017).

Com base na distribuição dos grânulos de amido e da matriz de proteína, o endosperma do milho é classificado em dois tipos: vítreo e farináceo. O endosperma vítreo é revestido por uma matriz proteica densa, com corpos proteicos estruturados, que circundam os grânulos de amido de formato poligonal, não permitindo espaços entre estas estruturas (Figura 1 A) (PAES, 2006; ROSSI et al., 2016). No endosperma farináceo os grânulos de amido são arredondados e estão dispersos, não havendo matriz proteica circundando essas estruturas, o que resulta em espaços vagos durante o processo de secagem do grão, a partir dos espaços onde antes era ocupado pela água, durante o desenvolvimento do grão (Figura 1B) (PAES, 2006; ROSSI et al., 2016).

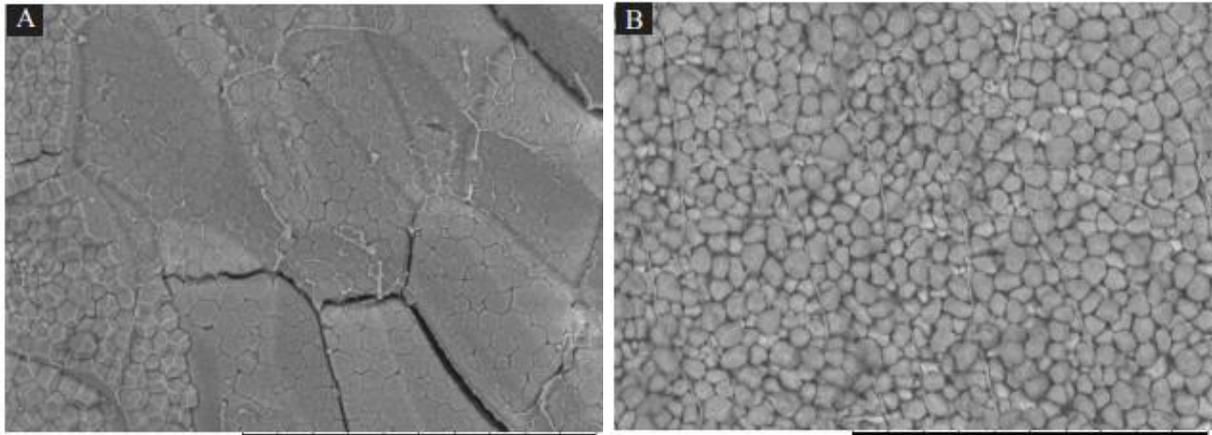


Figura 1. Micrografia eletrônica de varredura dos grânulos de amido dos endospermas vítreo (A) e farináceo (B) de grãos de milho no ponto de ensilagem (estádio de $\frac{3}{4}$ da linha do leite) aumento 500X. Fonte: Rossi et al. (2016).

Os principais híbridos de milhos comercializados no Brasil são do tipo duto (*Flint*) que apresenta endosperma vítreo e com amido de menor digestibilidade, o que diminui a ação enzimas digestivas e microbianas (CORREA et al., 2002). A relação endosperma duro (*Flint*) e farináceo (*Dent*) define a vitreosidade de um grão de milho, quanto maior a vitreosidade, maior a quantidade de endosperma duro presente no grão (CORREA et al., 2002).

O grão de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é o segundo concentrado energético mais utilizado nos confinamentos de bovinos de corte, sendo usado por cerca de 2,8% dos confinamentos (SILVESTRE & MILLEN, 2021). Seu endosperma é diferente ao grão do milho convencional, mas semelhante ao milho-pipoca, apresenta pericarpo mais espesso com endosperma predominantemente vítreo. As proteínas que revestem os grânulos de amido são bem mais densas e resistentes à penetração de água e degradação física e enzimática, o que proporciona menor digestibilidade (ÍTAVO & ÍTAVO, 2005). A película do grão funciona como uma espécie de parede rígida, que apresenta distribuição de forma retangular, formando um arranjo típico de cristal, das fibras de celulose que dão forma ao grão. Enquanto no milho convencional elas se organizam de modo amorfo (MIRANDA et al., 2007). Além disso, o sorgo apresenta tanino e uma matriz proteica rígida que aumenta com a maturidade da planta e que afeta a digestibilidade do grão (ÍTAVO et al., 2014b).

Ítavo et al. (2014) avaliando comparativamente o milho e o sorgo como fontes de amido no concentrado de bovídeos híbridos [($\frac{3}{8}$ *Bison bison* + $\frac{5}{8}$ *Bos taurus taurus*) \times *Bos taurus indicus*] super precoces, de três classes sexuais (macho inteiro, fêmea e macho castrado) terminados em confinamento. Esses autores encontraram maior média de peso nos animais

alimentados com milho (501,13 kg vs. 455,24 kg, respectivamente), comparado ao sorgo, que foi influenciado pelo maior consumo de matéria seca (CMS), tanto no início como no final do confinamento, dos animais que receberam milho (7,67 e 10,68 kg/dia, respectivamente). Ainda segundo aos autores, o tanino e a matriz proteica do sorgo afetaram no baixo CMS no início e final dos animais desse tratamento (6,99 e 9,89 kg/dia, respectivamente).

Os nutricionistas dos confinamentos brasileiros tem recomendado em média cerca de 13,69% de proteína bruta (PB) na dietas totais (SILVETRE & MILLEN, 2021). O principal concentrado proteico utilizado é o farelo de soja (55,6%), seguido pelo farelo de algodão (13,9%), caroço de algodão integral (11,1%), grãos secos de destilaria (DDG; 11,1%), torta de algodão (5,6%) e caroço de algodão inteiro mais DDG (2,8%) (SILVETRE & MILLEN, 2021). Esses alimentos são utilizados por apresentar níveis adequados de proteína degradada no rúmen (PDR) e proteína degradada no intestino (COUTO et al., 2012; FONSECA et al., 2020).

A PDR é a principal fonte proteica para os microrganismos ruminais, sendo que 2/3 dela é representado por nitrogênio não proteico (NNP) (MEDEIROS et al., 2015). Os microrganismos a transformam em amônia no rúmen, sendo que uma pequena parte é proteolisada a aminoácidos e pequenos polipeptídeos que também são utilizados pelos microrganismos do rúmen (BACH et al., 2005).

A ureia é a principal fonte de NNP utilizada nas dietas totais para ruminantes confinados e em suplementos para ruminantes a pasto (PEREIRA et al., 2007; ÍTAVO et al., 2008, SILVA FILHO et al., 2020; TAMBARA et al.; 2021). Entretanto, sua solubilidade rápida pode promover excesso de amônia no rúmen o que promoverá um gasto de energia para expulsar essa amônia do organismo animal (KOZERSKI, et al., 2021). Para isso, foram desenvolvidos fontes de ureia de liberação controlada que tem melhor disponibilidade para os microrganismos ruminais, essas fontes são a ureia pecuária, a ureia extrusada com amido e a ureia revestida com polímero biodegradável (AKAY et al., 2004; DE PAULA et al., 2009; KOZERSKI, et al., 2021).

As fontes lipídicas tem sido usadas nas dietas de ruminantes em confinamento pelo fato de promoverem cerca de 2,25 vezes mais calorias que os carboidratos (REDDY et al., 1994). Entretanto, sua inclusão não pode superar a 7% da MS da dieta, o que pode afetar negativamente a atividade das bactérias celulolíticas, prejudicando a digestibilidade da fibra (JENKINS et al., 2008). As concentrações média de lipídeos nas dietas de terminação de bovinos em confinamento brasileiros são de cerca de 5,22% da MS, tendo o caroço de algodão como

principal fonte de lipídeo (75%), seguida da torta gorda de algodão (19,4%), da gordura protegida no rúmen (2,8%) e dos subprodutos da extração de óleo de soja (2,8%) (SILVESTRE & MILLEN, 2021).

Tanto os alimentos concentrados e volumosos são fontes de macro e microminerais para os bovinos em confinamento. Entretanto, não são suficientes para atender os requerimentos para a terminação, sendo necessário a inclusão de mistura minerais (macrominerais + microminerais) na dieta total. As fontes minerais mais comuns usada para formular as misturas minerais são o calcário dolomítico para cálcio (Ca) e magnésio (Mg), fosfato bicálcico para fósforo (P) e Ca, sal comum para sódio (Na) e cloro (Cl), selenito de sódio par selênio (Se) e Na, entre outras fontes (McDONALD et al., 2022). Ao considerar as fontes de minerais, o custo, a forma química e física e a isenção de impurezas são levado em consideração.

De acordo com a pesquisa realizada por Silvestre & Millen (2021), as recomendações médias de macrominerais usados nas deitas dos confinamentos de bovinos de corte brasileiros são de 0,63; 0,30; 0,75; 0,19; 0,18 e 0,18% da MS da dieta total de Ca, P, potássio (K), enxofre (S), Mg e Na, respectivamente. Já para microminerais, esses autores encontraram recomendações de 15,5; 63,0; 33,0; 0,7 e 55,1 mg/kg de MS da dieta total para cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), iodo (I) e zinco (Zn), respectivamente.

Mesmo os grãos, oleaginosas e volumosos tendo concentrações significativa de vitaminas, a inclusão na dieta de bovinos em confinamentos pode ser justificada pelos processos de conservação das forragens (fermentação e/ou desidratação) e pelos processamentos dos grãos e oleaginosas (moagem e aquecimento) que podem diminuir as concentrações de vitaminas desses alimentos (McDONALD et al., 2022). As concentrações médias recomendadas de vitamina A, D e E nos confinamentos brasileiros são de cerca de 2.583,5; 291,6 e 24,2 UI/kg, respectivamente (SILVESTRE & MILLEN, 2021).

O uso de dietas com alto níveis de concentrado, aumenta os ricos de ocorrências de distúrbios ruminais, como a acidose (MALAFAIA et al., 2011). O uso de aditivos tem a finalidade de promover melhorias na fermentação ruminal, através da seleção de microorganismos desejáveis, como bactérias fibrolíticas e bactérias consumidoras de amido, para melhoraria da eficiência alimentar e redução de distúrbios digestivos (ZEINELDIN et al., 2018; DIAZ & BRANCO, 2019; COLOMBO et al., 2021). Cerca de 99,8% dos confinamentos de bovinos de corte brasileiros utilizam algum tipo de aditivo na finalização das dietas, tendo a

monensina sódica como principal aditivo, com nível de inclusão de 24,6 mg por kg (base MS), em média (SILVESTRE & MILLEN, 2021).

Tem se observado uma tendência da diminuição da inclusão de volumoso nas dietas de bovinos de corte nos confinamento brasileiros. Observa-se que na pesquisa feita por Millen et al. (2009) no final da primeira década dos anos 2000 era de cerca de 28,8% da MS, pela pesquisa de Oliveira & Millen (2014) era de cerca de 21% da MS, e a pesquisa mais recente feita por Silvestre & Millen (2021) foi de cerca de 16,8% da MS da dieta. Além disso, observa-se que a silagem de milho continua sendo o volumoso principal utilizado nos confinamento brasileiros (69,4%), seguido do bagaço de cana-de-açúcar (11,1%) - que também é o volumoso secundário mais usado (36,1%) – da silagem de capim (8,3%), dos fenos (5,6%), da casca de algodão (2,8%) e da silagem de cana-de-açúcar (2,8%) (SILVESTRE & MILLEN, 2021).

Pela última pesquisa de Silvestre & Millen (2021) observa-se que a avaliação de fibra mais utilizada nos confinamentos brasileiros e a de fibra fisicamente efetiva (FDNfe), sendo adotada por cerca de 80,6%. O que demonstra que mesmo adotando dietas desafiadoras com grande concentração de amido e baixas concentrações de fibra em detergente neutro (FDN), existe um monitoramento criterioso para manter a saúde ruminal do rebanho confinado evitando prejuízos causados pelos efeitos da fermentação láctica.

Inicialmente, os confinamentos de bovinos de corte aproveitavam os subprodutos e resíduos produzidos pelas agroindústrias próximos a região que o confinamento estava instalado (LANNA et al., 2005). Entretanto, com a falta de padronização desses subprodutos e resíduos eles foram sendo substituído pelos coprodutos, que passam por uma padronização dos seus níveis nutricionais. Como mostrado na pesquisa realizada por Silvestre & Millen (2021) anteriormente, podemos observar que vários coprodutos são usados como concentrados proteicos, como DDG e torta de algodão; como fonte de lipídeos, como os coprodutos do algodão; e como fonte de fibra, como o bagaço de cana-de-açúcar e os coprodutos do algodão.

2.3. Uso de dietas de alto concentrado para bovinos de corte em confinamento

Nas duas últimas décadas os confinamentos brasileiros tem preconizado o uso de dietas com alta inclusão de concentrados e até mesmo isentas de forragem (PAULINO, 2018). No mesmo período a agricultura brasileira tem aumentado a área plantada e a produtividade de grãos, principalmente no Centro-Oeste (CONAB, 2023). Além disso, a produtividade do milho

na segunda safra passou a ser superior a da primeira safra, em decorrência da maior produção de soja na primeira safra (GALVÃO et al., 2017; CONAB, 2023). Possibilitando uma maior oferta de milho, aos pecuaristas no período de entre safra, quando ocorre a seca e a produção das pastagens diminui drasticamente.

As dietas de alto concentrado e dietas sem forragem são densamente energéticas, podendo ser uma ferramenta eficiente para promover uma terminação adequada em confinamento. Apesar de promover maiores eficiências alimentares, a dieta de alto concentrado é caracterizada por apresentar muitas perdas de amido fecal (CUNHA et al., 2021). Que é mais evidente em dietas que usam grão de milho inteiro, ao observar a presença de grãos inteiros nas fezes (PAULINO et al., 2013).

Como vimos no tópico anterior, maior parte do milho cultivado e comercializado no Brasil é do tipo duro (*Flint*) apresentado endosperma predominantemente vítreo (CORREA et al., 2002). A solução mais utilizada nos confinamentos são o processamento dos grãos que tem como objetivo diminuir o tamanho de partícula e solubilizar a proteína que reveste os grânulos de amido (PAULINO, 2018).

De acordo com Silvestre & Millen (2021) o tipo de processamento mais utilizado nos confinamentos brasileiros é a moagem fina, com 44,4%, seguida da moagem grossa, com 36,1%. A moagem é realizada em moinhos de martelo que quebram a estrutura do grão em partículas menores e rompe a matriz proteica que reveste os grânulos de amido, aumentando a superfície de contato com as bactérias amilolíticas e a α amilase pancreática (ÍTAVO & ÍTAVO, 2005).

A laminação e floculação são técnicas que requerem equipamentos específicos, o que pode aumentar os custos para o confinamento. Porém, essas técnicas mudam a estrutura física e química dos grãos, dando melhores condições para a ação enzimática e melhorando a digestibilidade do grão (PAULINO et al., 2018). A laminação a vapor consiste nos grãos passarem por um condicionador que é abastecido por uma linha de vapor d'água por 15 a 20 minutos em uma temperatura de 90° a 95°C, promovendo a gelatinização do amido. Em seguida, os grãos sofrem compressão e laminação, atingindo tamanho de partículas de 1,5 a 2,4 mm e posteriormente são secos. A floculação diferencia-se da laminação, pelo grão permanecer no condicionador por 30 a 40 minutos, em temperaturas que variam de 90° a 105°C e por serem comprimidos por dois rolos, realizando a floculação e deixando a espessura de 0,9 a 1,0 mm (ÍTAVO & ÍTAVO, 2005).

Além das perdas de amido nas fezes, a dieta de alto concentrado prejudica a saúde ruminal, podendo ocasionar laminite, timpanismo e; com mais frequência; acidose subclínica e clínica (MALAFAIA et al., 2011; ÍTAVO et al., 2014). A grande disponibilidade de amido, nesse tipo de dieta, ocasiona uma alta taxa de fermentação e uma maior produção de ácidos graxos de cadeia curta, com destaque para o lactato, causando queda no pH ruminal e com consequente possibilidade de atrapalhar a degradação da fibra da dieta (MEDEIROS et al., 2015).

A dieta de alto concentrado requer uma boa gestão na adaptação dos bovinos a dieta, para que evite distúrbios metabólicos, como a acidose, que contribuem para a queda do desempenho e eficiência de produção (ÍTAVO et al., 2014). A inclusão de forragem em dietas de alto concentrado pode maximizar o consumo de energia pelos bovinos confinados, podendo melhorar a eficiência alimentar da dieta.

Caetano et al. (2015), que constataram que a inclusão de FDN da silagem de cana-de-açúcar em dietas de milho inteiro promoveram uma redução linear do amido fecal de acordo com a adição de FDN na dieta, melhorando a eficiência energética e o ganho de peso. Os autores estimaram que a inclusão de 14,5% de FDN deve otimizar o desempenho dos animais em dietas com milho inteiro.

Ribeiro et al. (2015) observaram maiores pH ruminal, maiores população de microrganismos celulolíticos e menores populações de microrganismos fermentadores de ácido láctico no rúmen de bovinos alimentados com dietas com maiores inclusões de feno na dieta total. Carvalho et al. (2016) encontraram maiores quedas de pH ruminal em bovinos das raças Nelores e Angus que foram alimentados com dieta exclusiva de grão inteiro em comparação aos que receberam dieta contendo 30% de silagem de milho mais concentrado. Os autores justificam o maior pH ruminal nos bovinos consumindo dieta com concentrado mais silagem por esses animais terem gastado mais tempo se alimentando e ruminando, do que os animais da dieta de grão inteiro.

É importante destacar que a fibra desempenha um papel primordial na motilidade ruminal e no processo de ruminação, que está diretamente relacionado à produção de saliva pelo animal e ao tamponamento do ambiente ruminal (VAN SOEST, 1994). Entretanto, as características físicas da fonte de fibra, no caso o tamanho de partícula, e está diretamente correlacionado aos estímulos de mastigação e ruminação, que por sua vez, estimula a secreção de saliva

(LAMMERS et al., 1996). Esse conceito de nível de FDN e tamanho de partícula da fonte de FDN é denominado de fibra fisicamente efetiva.

2.4. Conceito e avaliações da fibra fisicamente efetiva para ruminantes

Os ruminantes são herbívoros e necessitam de fibra para funcionamento do seu sistema digestivo e garantir a saúde e bem-estar fisiológicos, mesmo que existindo uma ampla variação de espécies com diferentes seletividades no pastejo e exigências de fibra (MALAFAIA et al., 2011). O NRC (2001) estima a exigência de FDN total para bovinos em 25% da MS da dieta, sendo que 19% seja de FDN oriunda da forragem, que seria o mínimo para manter a função ruminal.

Os sistemas de confinamento de bovinos de corte brasileiros tem usado a fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) como principal método avaliação de fibra para dietas de terminação (SILVESTE & MILLEN, 2021). O conceito de fibra fisicamente efetiva (FDNfe), está correlacionada as características físicas do alimento, principalmente, o tamanho de partícula, que influenciam a atividade mastigatória, produção de saliva, ruminação, manutenção do pH ruminal (acima de 6,2) e a estratificação do conteúdo ruminal em partículas maiores na porção superficial e partículas menores distribuídas mais ao fundo do rúmen (ARMENTANO & PEREIRA, 1997).

De acordo com Zebeli et al. (2012), o fator de eficiência física da fibra pode ser definido em uma escala de escores que variam de 0 a 1, onde 0 significa que o FDN da dieta não é fisicamente eficaz, como exemplo temos a fibra de concentrados moídos (farelo de trigo e farelo de algodão). Ao passo que 1, o FDN é totalmente eficaz, promovendo a atividade mastigatória, a estratificação da digesta no rúmen, e tamponamento ruminal; como exemplo pode-se citar a fibra do feno picado grosseiramente (ZEBELI et al., 2012).

Em virtude da avaliação com animais canulados ser impossível de aplicada em sistemas de produção, foi proposta por Lammers et al. (1996) a técnica do *Pen State Particle Separator* para estimar o fator de efetividade da FDN. Que consiste em um conjunto sobreposto com três bandejas, sendo a primeira bandeja com o fundo com crivos de 19, a segunda com crivos de 8 mm e terceira com o fundo fechado. Ao se agitar verticalmente o conjunto de bandejas, cinco vezes a cada lado, separam-se as partículas que saem pelos crivos ou ficam retidas nas bandejas, sendo considerado valor crítico para tamanho de partículas com 8 mm para FDNfe. De acordo

com os autores, o FDNfe pode ser estimado somando a quantidade de ração nas duas peneiras (≥ 8 mm) e multiplicando pelo teor de FDN da forragem ou da dieta total.

A peneira de 19 mm foi projetada para capturar forragem ou partículas de ração que seriam flutuantes no rúmen (formar a esteira de forragem) e fornecer material que exigiria ruminação substancial adicional pelo ruminante (HEINRICHS & JONES, 2022). Enquanto a peneira de 8 mm coleta as partículas de forragem que farão parte da esteira no rúmen, mas serão quebradas mais rapidamente com menos ruminação e terá uma hidratação mais rápida que permitir uma degradação microbiana no rúmen mais acelerada (HEINRICHS & JONES, 2022).

Na metodologia proposta por Mertens (1997) o tamanho de partícula crítico é de $\geq 1,18$ mm para vacas leiteira. Esse número originou-se por ser limite de tamanho de partícula determinado com bovinos e ovinos para maior resistência a partículas que saem do rúmen e que menos de 5% das partículas fecais são geralmente retidas em uma peneira de 1,18 mm (EVANS et al., 1973; POPPI et al., 1980; POPPI et al., 1981). Entretanto, estudos posteriores avaliando o tamanho das partículas das dietas e seu impacto no metabolismo do rúmen, mostraram claramente que o limite crítico para partículas de ração que escapam do rúmen de vacas de alta produção é maior que 1,18 mm e mais na faixa de 4 mm (YANG et al., 2001; OSHITA et al., 2004; YANG & BEAUCHEMIN, 2006; MAULFAIR et al., 2011).

Levando essas informações em consideração, uma quarta peneira com crivos de 4 mm foi adaptada ao jogo de peneiras da *Pen State Particle Separator* (HEINRICHS & JONES, 2022), proposta por Lammers et al. (1996). Essas partículas retidas na peneira 4 mm provavelmente ficarão presas no assoalho do rúmen. Essas podem ser quebradas facilmente com ruminação mínima ou por ação microbiana rápida, ou terão maior taxa de passagem por se hidratarem rapidamente, não permanecendo presos no assoalho de fibra por um longo período (HEINRICHS & JONES, 2022). Para vacas leiteiras de alta produção manterem suas funções ruminais, foi proposto por Zebeli et al. (2012) que a faixa segura para formulação de ração com FDNfe está entre 14,8 e 19,6% da MS de FDN com tamanho de partícula ≥ 8 mm.

2.5. Coprodutos como fonte de fibra fisicamente efetiva

Como já abordado anteriormente, em sistemas intensivos, o uso de forragem conservada na elaboração de dietas tem decaído muito em função dos custos de produção e do objetivo de maximizar os ganhos no confinamento (PAULINO et al., 2013;). Uma alternativa é o uso de

coprodutos fibrosos proveniente das agroindústrias, que se torna uma opção economicamente interessante quando a logística de acesso a esses produtos funciona. Os principais coprodutos utilizados em confinamentos brasileiros são o bagaço de cana-de-açúcar, caroço de algodão, pellets de polpa cítrica, grãos secos de destilaria (DDG), casquinha de soja, grãos de destilaria úmidos e torta de algodão (SILVESTRE & MILLEN, 2021).

Dentre os coprodutos, os que se destacam como potenciais fontes de fibra são o bagaço de cana-de-açúcar (77,71% de FDN) e os coprodutos da limpeza da pluma do algodão, que são a casca de algodão, o caroço de algodão e a torta de algodão (78,99; 42,12 e 45,96% de FDN; CHIZZOTTI et al., 2005; VALADARES FILHO et al., 2016). Silvestre & Millen (2021) classificam o bagaço de cana-de-açúcar como a segunda fonte de fibra primária (11,1%) em confinamentos brasileiros, atrás somente da silagem de milho (69,4%), e a casca de algodão como a quinta (2,8%).

Apesar de coprodutos fibrosos serem utilizados em dietas dos confinamentos de bovinos de corte, a inclusão ou substituição total da forragem, muitas vezes é feita pelo nível do FDN da forragem (GOULART & NUSSIO, 2011). Ainda é preciso determinar parâmetros para calcular a FDN_{fe} dos coprodutos, que tenham uma correlação com os métodos laboratoriais que usam medidas de tamanho de partículas (LAMMERS et al., 1996; MERTENS, 1997), que são aplicados no sistema de produção, com as variáveis dos métodos de bioensaios (ARMENTANO & PEREIRA, 1997), como a estratificação bifásica dos conteúdos ruminais (uma camada flutuante de grandes partículas em uma piscina líquida com pequenas partículas), os comportamentos ingestivos e o pH ruminal (GOULART & NUSSIO, 2011).

Goulart et al. (2020a) avaliando o fator de efetividade física (fef) em dietas com forragens (silagem de milho, cana-de-açúcar e bagaço de cana-de-açúcar) e coprodutos (casquinha de soja e torta de algodão), através dos testes laboratoriais (LAMMERS et al., 1996; MERTENS, 1997) e pelo método de bioensaios (ARMENTANO & PEREIRA, 1997). Ao observar o fef pelos métodos laboratoriais, os autores observaram que a silagem de milho apresentou maior fef nos dois testes (95,4 e 86,9% de fef para $\geq 1,18$ mm e $\geq 8,0$ mm, respectivamente). A torta de algodão - juntamente com a cana-de-açúcar (86,6 e 88,2% de fef, respectivamente) - e foi a segunda com maior fef pelo método de Mertens (1997) e a terceira (72,1% de fef) pelo método de Lammers et al. (1996).

Goulart et al. (2020a) observaram que a cana-de-açúcar e o bagaço de cana-de-açúcar tiveram maior fef que a referência para as variáveis tempo de mastigação min/d, tempo de

mastigação min/kg de MS, tempo de mastigação min/kg de FDN, resistência do assoalho ruminal e pH ruminal (1,16 e 1,06; 2,50 e 1,20; 1,13 e 1,34; 1,35 e 1,50; 1,62 e 1,45; respectivamente). A torta de algodão teve maior fef em relação a referência para pH ruminal (= 1,66). A casquinha de soja teve fef nulo (= 0) para as variáveis tempo de mastigação min/d e tempo de mastigação min/kg de MS, e negativo para e tempo de mastigação min/kg de FDN (-0,09).

Silva et al. (2022) obterem concentrações de FDNfe (>8mm) de 21,8% para dieta com silagem de milho, 19,2% para dieta com coproduto fibroso de espiga de milho, 20,7% para dieta com glúten de milho e 20,2% para dieta com polpa cítrica e DDG. Na avaliação visual das dietas experimentais com a técnica de *Pen State Particle Separator*, os autores observaram muita presença de polpa cítrica e caroço de algodão retidos na peneira de 8 mm, e as dietas com concentrado com polpa cítrica mais DDG promoveram menor atividade de ruminação. Além disso, os autores observaram maior eficiência energética, produção de leite e gordura do leite em vacas alimentadas com dieta com volumoso de silagem de milho e concentrado com polpa cítrica mais DDG. Entretanto, os autores observaram menor atividade de ruminação por min/kg de FDNfe para as dietas com concentrado de polpa cítrica e DDG.

A polpa cítrica é um coproduto rico em FDN altamente digestiva (pectina e sacarose) muitas vezes usada para substituir grãos ricos em amido por sua degradação no rúmen gerar ácidos acético e fórmico e relativamente pouco ácido propiônico (DEHORITY, 1969; MIRO et al. 2002). Entretanto, ao usar a polpa cítrica para substituir forragem ela pode prejudicar nas atividades de alimentação, mastigação e ruminação (MENDES NETO et al., 2007).

Schneid et al. (2022) ao avaliar a influência do uso de caroço de algodão inteiro no lugar de DDG mais solúveis e feno de pradaria em rações de terminação de bovinos balanceadas para FDNfe ($\geq 4,0$ mm), o feno de pradaria apresentou 65% de FDNfe e o caroço de algodão de 53,8% de FDNfe, enquanto a FDNfe do DDG foi bem abaixo (20,3%). Os autores relatam que o feno da pradaria teve a maior porcentagem de partículas coletadas na peneira de 18,0 mm e o DDG teve a maior porcentagem de partículas coletadas na peneira de 4,0 mm, enquanto o caroço de algodão teve a maior porcentagem geral de partículas de qualquer peneira coletada na peneira de 8,00 mm. Embora o feno da pradaria e o caroço de algodão sejam fontes viáveis de FDNfe, com base na definição aceita de FDNfe, ainda há uma diferença no tamanho absoluto de partícula presente entre esses dois ingredientes.

Coprodutos usados como fonte de fibra apresentam maior concentração de partículas menores (< 8mm), com maior densidade, que tendem a ter uma maior taxa de passagem no rúmen, o que afetaria a digestibilidade dos nutrientes, principalmente da fibra (ÍTAVO & ÍTAVO, 2005; ZHOU et al., 2022). Além disso, os coprodutos fibrosos não estimulam a mastigação e ruminação de forma tão eficaz quanto as forragens de partículas longas (GRANT, 1997; GOULART et al., 2020b; SILVA et al., 2022).

Nesse sentido, foi desenvolvido o projeto para avaliar o uso da torta de caroço de algodão como fonte de FDNfe em substituição a silagem de milho, usada convencionalmente nos confinamentos brasileiros. A seguir são apresentados quatro artigos com os resultados relacionados à efetividade física da FDN dos tratamentos, comportamento e desempenho animal, influência da dieta sob as características da carcaça e carne bovina produzida e a rentabilidade econômica do uso da torta de algodão na dieta total para terminação de bovinos em confinamento.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO, C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial, p.260-258, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300030>
- ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2022. **BeefREPORT: Perfil da Pecuária no Brasil**. Brasília DF: ABIEC. <https://abiec.com.br/wp-content/uploads/Beef-Report-2022atualizadojun2022.pdf>
- AKAY, V.; TIKOFSKY, J.; HOLTZ, C.; DAWSON, C.A. Optigen® 1200: controlled release of non-protein nitrogen in the rumen. In: Lyons, T.P.; Jacques, K.A. **Nutritional biotechnology in the feed and food industries**. 20th, Lexington, KY: Annual Symposium: re-imagining the feed industry, 2004, p.179-185.
- ARMENTANO, L.; PEREIRA, M. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1416-1425, 1997. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76071-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76071-5)

- BARDUCCI, R.S.; FRANZÓI, M.C.S.; SARTI, L.M.N.; MILLEN, D.D.; PUTAROV, T.C.; PERDIGÃO, A.; MARTINS, C.L.; ARRIGONI, M.D.B. Perfil de ácidos graxos e características da carne de bovinos Nelore confinados com diferentes fontes lipídicas protegidas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.68, n.1, p.233-242, 2016. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8039>
- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; POPA, M.D. Nitrogen Metabolism in the Rumen. **Journal of Dairy Science**, v.88, p.9-21, 2005. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)73133-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)73133-7)
- CAETANO, M.; GOULART, R.S.; SILVA, S.L.; DROUILLARD, J.S.; LEME, P.R.; LANNA, D.P.D. Effect of flint corn processing method and roughage level on finishing performance of Nelore-based cattle. **Journal of Animal Sciences**, v.93, n.8, p.4023–4033, 2015. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-9051>
- CARVALHO, J.R.R.; CHIZZOTTI, M.L.; SCHOONMAKER, J.P.; TEIXEIRA, P.D.; LOPES, R.C.; OLIVEIRA, C.V.R.; LADEIRA, M.M. Performance, carcass characteristics, and ruminal pH of Nelore and Angus young bulls fed a whole shelled corn diet. **Journal of Animal Sciences**, v.94, n.6, p.2451-2459, 2016. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0162>
- CHIZZOTTI, M.L., VALADARES FILHO, S.C., LEÃO, M.I., VALADARES, R.F.D., CHIZZOTTI, F.H.M., MAGALHÃES, K.A., MARCONDES, M.I. Casca de algodão em substituição parcial à silagem de capim-elefante para novilhos. 1. Consumo, degradabilidade e digestibilidade total e parcial. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.34, n.6, p.2093-2102, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600035>
- COLOMBO, E.A.; COOKE, R.F.; BRANDÃO, A.P.; WIEGAND, J.B.; SCHUBACH, K.M.; SOWERS, C.A.; DUFF, G.C.; BLOCK, E.; GOUVÊA, V.N. Performance, health, and physiological responses of newly received feedlot cattle supplemented with pre- and probiotic ingredients. **Animal**, v.15, n.5, p.1-8., 2021. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100214>
- CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim de Monitoramento Agrícola**, Brasília, DF: Conab, 2023, v.12, n.02, 18p. <http://www.conab.gov.br/>
- CORREA, C.E.S.; SHAVER, R.D.; PEREIRA, M.N.; LAVER, J.G.; KOHN, K. Relationship between corn vitreousness and ruminal in situ starch degradability. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.85, p.308-312, 2002. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74386-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74386-5)

- COUTO, GS; SILVA FILHO, JC; CORRÊA, AD; SILVA, EA; PARDO, RMP; ESTEVES, C. Digestibilidade intestinal in vitro da proteína de coprodutos da indústria do biodiesel. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.64, n.5, p.1216-1222, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000500020>
- CUNHA, G.S.P.; MAIA, M.A.; FERNANDES, L.M.G.; GERASEEV, L.C.; CHAVES, A.S. Physically effective fiber changes nutrient levels of total mixed ration and fecal parameters in beef feedlots. **Ciência Rural**, v.51, n.5, p.1-6. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200663>
- DEHORITY BA. Pectin-fermenting bacteria isolated from the bovine rumen. **Journal of Bacteriology**, v.99, n.1, p.189-196, 1969. <https://doi.org/10.1128/jb.99.1.189-196.1969>
- DE PAULA, A.A.G.; FERREIRA, R.N.; ORSINE, G.F.; GUIMARÃES, L.O.; OLIVEIRA, E.R. Ureia polímero e ureia pecuária como fontes de nitrogênio sóluvel no rúmen: parâmetros ruminal e plasmático. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.1, p.1-8, 2009.
- DIAZ, T.G.; BRANCO, A.F. Leveduras vivas e mananoligossacarídeos para prevenção de acidose ruminal subaguda. **Archivos de Zootecnia**, v.68, p.456-462. <https://doi.org/10.21071/az.v68i263.4208>
- EVANS E.W., PEARCE G.R., BURNETT J., PILLINGER S.L. Changes in some physical characteristics of the digesta in the reticulo-rumen of cows fed once daily. **British Journal of Nutrition**, v.29, n.3, 1973. <https://doi.org/10.1079/BJN19730114>
- FERRAZ, J.B.S.; SHIMBO, M.V. Cruzamentos e bovinos compostos. Cap. 6. In: TURCO, C.P. **Melhoramento genético ao alcance do produtor: bovinocultura de corte**. Bebedouro: Scot Consultoria, 2006, p. 95-114.
- FONSECA DM, SANTOS MER, MARTUSCHELLO JA. Importância da planta forrageira no sistema de produção animal. In: FONSECA DM, MARTUSCHELLO JA. **Plantas forrageiras**. 2ª ed. Viçosa MG: UFV, 2022, 9-22.
- FONSECA, N.V.B.; ABMAEL DA SILVA CARDOSO, A.S.; ALVAIR HOFFMANN, A.; LEITE, R.G.; FERRARI, A.C.; FERNANDES, M.H.M.R.; REIS, R.A. Characterization and effects of DDG on the intake and digestibility of finishing bulls in feedlots. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.43, n.1, p.1-8, 2021. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.51877>

- FREITAS, G. **Raça e Genética – Nelore**: conheça mais sobre a raça que representa 80% do gado de corte brasileiro. BeefPoint, 2013. Disponível em: <<https://www.beefpoint.com.br/nelore-conheca-mais-sobre-a-raca-que-representa-80-do-gado-de-corte-brasileiro-projeto-racas/>>. Acessado em: 08/09/2020.
- GALVÃO, J.C.C.; TROGELLO, E.; PEREIRA, L.P.L. Milho segunda safra. Cap. 9. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. **Milho**: do plantio a colheita. 2ª ed., Viçosa, MG: Editora UFV, 2017, p.210-228.
- GOMES, R.C.; NUÑEZ, A.J.C.; MARINO, C.T.; MEDEIROS, S.R. Estratégias alimentares para gado de corte: suplementação a pasto, semiconfinamento e confinamento. Cap.9. In: MEDEIROS, S.R.; GOMES, R.C.; BUNGENSTAB, D.J. **Nutrição de bovinos de corte**: fundamentos e aplicações. Brasília: Embrapa, 2015, p.119-139.
- GOULART, R. S.; NUSSIO, L. G. (2011). Exigências de fibra fisicamente efetiva para bovinos confinados. In: UFLA. (Org.). **Anais do VII Simpósio de pecuária de corte**. 1ed.: , 2011, v. , p. 111-154.
- GOULART, R.S.; VIEIRA, R.A.M.; DANIEL, J.L.P.; AMARAL, R.C.; SANTOS, V.P.; TOLEDO FILHO, S.G.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; TEDESCHI, L.O.; NUSSIO, L.G. Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets: Comparison of methods to measure the effectiveness of fiber. **Journal of Animal Science**, v.8, n.5, p.1-9, 2020a. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa108>
- GOULART, R.S; VIEIRA, R.A.M.; DANIEL, J.L.P.; AMARAL, R.C.; SANTOS, V.P.; TOLEDO FILHO, S.G.; CABEZAS-GARCIA, E.H.; TEDESCHI, L.O.; NUSSIO, L.G. Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets on feed intake, ingestive behavior, and ruminal kinetics. **Journal of Animal Science**, v.98, n.5, p.1-15. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa107>
- GRANT R.J. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1438-1446, 1997. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76073-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76073-9)
- HEINRICHS J.; JONES C.M. **Penn state particle separator**: The forage and TMR particle separator was designed to help in determining the correct forage particle length needed to improve ruminant nutrition. Penn State Extension: College of Agricultural Sciences The Pennsylvania State University. 2022. Disponível em: <<https://extension.psu.edu/penn-state-particle-separator>>, acessado em: 06/01/2023.

- HOCQUETTE, J.F.; OURY, M.P.E.; LHERM, M.; PINEAU, C.; DEBLITZ, C.; FARMER, L. Current situation and future prospects for beef production in Europe - A review. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.31, n.7, p.1017–1035, 2018. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0196>
- ÍTAVO, L.C.V.; DIAS, A.M.; SCHIO, A.R.; MATEUS, R.G.; SILVA, F.F. ÍTAVO, C.C.B.F.; NOGUEIRA, E.; LEAL, E.S. Fontes de amido no concentrado de bovinos superprecocees de diferentes classes sexuais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.66, n.4, p.1129-1138, 2014. <https://doi.org/10.1590/1678-6514>
- ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F. **Nutrição de ruminantes**: aspectos relacionados à digestibilidade e aproveitamento dos alimentos. Campo Grande, MS: UCDB, 2005, 184p.
- JENKINS, T.C.; WALLACE, R.J.; MOATE, P.J.; E. E. MOSLEY, E.E. Board-invited review: recent advances in biohydrogenation of unsaturated fatty acids within the rumen microbial ecosystem. **Journal of Animal Science**, v.86, n.2, p.397–412, 2008. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0588>
- KOZERSKI, N.D.; ÍTAVO, L.C.V.; ÍTAVO, C.C.B.F.; DIFANTE, G.S.; DIAS, A.M.; OLIVEIRA, L.C.S.; AGUIAR, E.N.; INÁCIO, A.G.; GURGEL, A.L.C.; SANTOS, G.T. Calorimetry, physicochemical characteristics and nitrogen release from extruded urea. **Scientific Reports**, v.11 , p.1-7, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97886-0>
- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A Simple Method for the Analysis of Particle Sizes of Forage and Total Mixed Rations. **Journal of Dairy Science**, v.79, n.5, p.922-928, 1996. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76442-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1)
- LANNA, D.P.D.; ALMEIDA R. **A terminação de bovinos em confinamento**. In: Visão Agrícola, p.55-58, 2005. Disponível em: <http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/va03-producao06.pdf>
- MALAFAIA, G.C. Os desafios futuros da sustentabilidade na cadeia produtiva da carne bovina brasileira. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, XI, 2018, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV - DZO, 2018, p. 187-206.
- MALAFAIA, P.; BARBOSA, J.D.; TOKARNIA, C.H.; OLIVEIRA, C.M.C. Distúrbios comportamentais em ruminantes não associados a doenças: origem, significado e importância. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.31, n.9, p.781-790, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2011000900010>

- MAULFAIR D.D., FUSTINI M., HEINRICHS A.J. Effect of varying total mixed ration particle size on rumen digesta and fecal particle size and digestibility in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.7, p.3527-3536, 2011. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3718>
- McDONALD, P.; GREENHALGH, J.F.D.; MORGAN, C.A.; EDWARDS, R.; SINCLAIR, L.; WILKINSON, R.G. **Animal Nutrition**. 8th Edition. London, England: Pearson Education, 2022.
- MEDEIROS, S.R.; GOMES, R.C.; BUNGENSTAB, D.J. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações**. Brasília, DF: Embrapa, 2015, 176p.
- MENDES NETO, J.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C.; EUCLYDES, R.F. Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com polpa cítrica em substituição ao feno de capim-tifton 85. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.618-625, 2007. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000300015>
- MERTENS, DR. Creating a System for Meeting the Fiber Requirements of Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2)
- MILLEN, D.D.; PACHECO, R.D.L.; ARRIGONI, M.D.B.; GALYEAN, M.L.; VASCONCELOS, J.T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v.87, n.10, p.3427-3439, 2009. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-1880>
- MIRANDA, G.V.; SANTOS, I.C.; GALVÃO, J.C. C. Milho-pipoca (*Zea mays* L.). In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VEZON, M. **101 Culturas: manual de tecnologias agrícolas**. Belo Horizonte, MG: EPAMIG, 2007, p. 553-558.
- MIRON, J.; YOSEF, E.; BEN-GHEDALIA, D.; CHASE, L.E.; BAUMAN, D.E.; SOLOMON, R. Digestibility by dairy cows of monosaccharide constituents in total mixed rations containing citrus pulp. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.89-94, 2002. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74056-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74056-3)
- MÔRO, G.V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Importância e usos do milho no Brasil. In: GALVÃO, J. C. C.; BORÉM, A.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: UFV, 2ª ed. 2017, p. 9-24.

- NRC, National Research Council. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7th ed. Washinton, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- OLIVEIRA, C.A.; MILLEN, D.D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v.197, p.64-75, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.08.010>
- OSHITA, T.; NONAKA, K.; KUME, S.; NAKUI, T. Effects of forage type on particle size distribution of ruminal digesta and faeces of non-lactating cows fed high quality forage. **Livestock Production Science**, v.91, n.1-2, p.107-115, 2004. <https://doi.org/10.1016/j.livprodsci.2004.07.015>
- PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica 75, 2006, 6p.
- PAULINO, P.V.R. Processamento de grãos: o que esperar na próxima década? In: VALADARES FILHO, S.C., et al. (ads), **XI Simpósio De Produção De Gado De Corte/7th International Symposium Of Beef Cattle Production**, Viçosa, 2018, (Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa), 01–12.
- PAULINO, P.V.R.; OLIVEIRA, T.S.; GIONBELI, M.P.; GALLO, S.B. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, 15, 161–172, 2013.
- PEREIRA, L.G.R.; GUIMARÃES JÚNIOR, R.; TOMICH, T.R. Utilização da uréia na alimentação de ruminantes no semi-árido. In: 45^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia - Biotecnologia e sustentabilidade. *Anais...* Lavras, MG: UFLA/SBZ, 2008, p.1-14.
- PHANIRAJA, K.L.; PANCHASARA, H.H. Indian draught animal's power. **Veterinary World**, v. 2, n. 10, p. 404-407, 2009.
- POPPI, D.P.; MINSON, D.J.; TERNOUTH, J.H. Studies of cattle and sheep eating leaf and stem fractions of grasses. 3. The retention time in the rumen of large feed particles. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.32, p.123-137, 1981.
- POPPI, D.P.; NORTON, B.W.; MINSON, D.J.; HENDRICKSEN, R.E. The validity of the critical size theory for particles leaving the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.94, p.275-280, 1980.

- REDDY, P.V.; MORRIL, J.L.; NAGARAJA, T.G. Release of fatty acids from raw or processed soybeans and subsequent effects on fiber digestibilities. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.11, p.341-346, 1994. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(94\)77283-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(94)77283-0)
- RIBEIRO, C.C.; GRANJA-SALCEDO, Y.T.; MESSANA, J.D.; NETO, A.J.; CANESIN, R.C.; FIORENTINI, G.; ALARCON, M.F.F.; BERCHIELLI, T.T. Feeding increasing concentrate to Tifton 85 hay ratios modulated rumen fermentation and microbiota in Nellore feedlot steers. **The Journal of Agricultural Science**, v.153, n.6, p.1116-1127, 2015. <https://doi.org/10.1017/S0021859615000337>
- ROSSI, E.S.; FARIA, M.V.; MENDES, M.C.; POSSATTO JUNIOR, O.; RIOS FARIA, C.M.D.; DA SILVA, C.A.; VASKOSKI, V.L.; ANDRADE, J.M.; GAVA, E. Microscopia do amido e digestibilidade de grãos em híbridos de milho silageiros com diferentes vitreosidades. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.15, n.3, p.608-619, 2016. <https://doi.org/10.18512/1980-6477/rbms.v15n3p607-618>
- SÁ FILHO, M.F.; SIQUEIRA, R.L.P.G.; CARRARA, T.M. Para conseguir 21@, tudo começa com a genérica. Cap. 4. In: RESENDE, F.D.; SIQUEIRA, G.R.; OLIVEIRA, I.M. **Entendendo o conceito boi 777**. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, 2018, p. 53-62.
- SANTOS, R. **Guzerá: o gado do Brasil**. Uberaba: Editora Agropecuária Tropical, 2005. 530 p.
- SCHNEID, K.N.; FOOTE, A.P.; BECK, P.A.; FARRAN, G.L.; WILSON, B.K. Using whole cottonseed to replace dried distillers grains plus solubles and prairie hay in finishing beef cattle rations balanced for physically effective neutral detergent fiber. **Applied Animal Science**, v.38, n.5, p.417-432, 2022. <https://doi.org/10.15232/aas.2022-02305>
- SILVA FILHO, C.A.; OLIVEIRA, R.; MACEDO, K.; ARAUJO, J.L.; COSTA, A.; SOUSA, S.; REIS, T. Características produtivas de cabritos Saanen terminados com ureia na ração. **Boletim de Indústria Animal**, v.77, p.1-10, 2020. <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1478>
- SILVA, W.R.; CARVALHO, F.R.; SILVA, R.B.; PEREIRA, R.A.N.; ÁVILA, C.L.S.; DEVRIES, T.J.; PEREIRA, M.N. Fibrous coproducts of corn and citrus as forage and concentrate sources for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.105, n.10, p.8099-8114., 2022 <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21918>

- SILVESTRE, A.M.; MILLEN, D.D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.50, n.7, p.1-25, 2021. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200189>
- SREENIVAS, D. Breeding policy strategies for genetic improvement of cattle and buffaloes in India. **Veterinary World**, v.6, n.7, p.455-460, 2013. <http://dx.doi.org/10.5455/vetworld.2013.455-460>
- TAMBARA, A.A.C.; HÄRTER, C.J.; RABELO, C.H.S.; KOZLOSKI, G.V. Effects of supplementation on production of beef cattle grazing tropical pastures in Brazil during the wet and dry seasons: a meta-analysis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.50, p.1-22. <https://doi.org/10.37496/rbz5020210020>
- VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, L.F.C.; LOPES, S.A.; PRADOS, L.F.; CHIZZOTTI, M.L.; MACHADO, P.A.S.; BISSARO, L.Z.; FURTADO, T. **BR-CORTE 3.0**: Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados. 2016. Disponível em: <www.brcorte.com.br>. Acesso em 18/02/2021.
- VALLE, C.B.; JANK, L.; RESENDE, R.M.S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v.56, p.460-472, 2009.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476p
- YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. Barley processing, forage:concentrate, and forage length effects on chewing and digesta passage in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.12, p.2709-2720, 2001. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74725-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74725-X)
- YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Physically Effective Fiber: Method of Determination and Effects on Chewing, Ruminal Acidosis, and Digestion by Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.7, p.2618-2633, 2006. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72339-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72339-6)
- ZEBELI, Q.; ASCHENBACH, J.R.; TAJAJ, M.; BOGUHN, J.; AMETAJ, B.N.; DROCHNER, W. Invited review: Role of physically effective fiber and estimation of dietary fiber adequacy in high-producing dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.95, n.3, p.1041-1056, 2012. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4421>

ZEINELDIN, M.; BARAKAT, R.; ELOLIMY, A.; SALEM, A.Z.M.; ELGHANDOUR, M.M.Y.; MONROY, J.C. Synergetic action between the rumen microbiota and bovine health. **Microbial Pathogenesis**, v.124, p.106–115, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.micpath.2018.08.038>

ZHOU, J.; XUE, B.; HU, A.; YUE, S.; WU, M.; HONG, Q.; WU, Y.; WANG, Z.; WANG, L.; PENG, Q.; XUE, B. Effect of dietary peNDF levels on digestibility and rumen fermentation, and microbial community in growing goats. **Frontiers in Microbiology**,

v.13, p.1-20, 2022. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.950587>

ARTIGO I

Efetividade da fibra da torta de algodão incluída na dieta de novilhos Nelore terminados em confinamento

RESUMO

Objetivou-se avaliar a utilização da torta de caroço de algodão (TA) como fonte de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe) em substituição à silagem de milho (SM) na dieta de bovinos terminados em confinamento. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 2 tratamentos (30% TA e 30% SM) e 12 repetições. Houve interação entre fonte de fibra e nutriente no material retido na *Penn State Particle Separator*. As maiores concentrações ($P = 0,0001$) de FDNfe e a digestibilidade *in vitro* de FDNfe (DivFNDfe) foram para TA. Houve maior ($p < 0,05$) consumo de matéria seca (CMS) e consumo de FDN (CFDN) pelos animais da dieta TA. Os novilhos alimentados com TA apresentaram maior ($P = 0,0001$) peso corporal final (PCF) e ganho de peso total (GPT). Os novilhos alimentados com TA apresentaram maior ($P = 0,0001$) tempo de alimentação e eficiência de alimentação, com menor tempo de ruminação e eficiência de ruminação ($P = 0,0001$). Houve correlações positivas entre as variáveis: tempo de ruminação \times consumo, tempo de ruminação \times CFDN e FDNfe \times DivFNDfe. Observou-se correlação negativa entre as variáveis: tempo de ruminação \times FDNfe, tempo de ruminação \times DivFNDfe, CFDN \times FDNfe e CFDN \times DivFNDfe. A torta de algodão é uma fonte alternativa de FDNfe para bovinos de corte em confinamento.

PALAVRAS CHAVE: Comportamento ingestivo, coproduto, dieta sem forragem, fibra fisicamente efetiva, volumoso.

Histórico do artigo:

Recebido em 29 de Julho de 2022.

Aceito em 15 de Dezembro de 2022.

Publicado em 11 de Janeiro de 2023.

New Zealand Journal of Agricultural Research, (66)1:1-15. <https://doi.org/10.1080/00288233.2022.2161096>

Effectiveness of cottonseed cake fibre included in the diet of Nellore steers finished in confinement

ABSTRACT

It was aimed to evaluate the use of cottonseed cake (CSC) as a source of physically effective neutral detergent fibre (peNDF) to replace corn silage (CS) in diet of feedlot-finished cattle. The design used was completely randomised, with 2 treatments (30% CSC and 30% CS) and 12 replications. There was interaction between fibre source and nutrient in the material retained in the *Penn State Particle Separator*. The highest concentrations ($P = 0.0001$) of peNDF and the in vitro digestibility of peNDF (DpeNDF) were for CSC. There was a higher ($p < 0.05$) dry matter intake (DMI) and neutral detergent fibre (NDF) intake (NDFI) by the animals on the CSC diet. The CSC-fed steers showed higher ($P = 0.0001$) final body weight (BW) and total weight gain. The steers fed CSC showed a longer ($P = 0.0001$) feeding time, feed efficiency, and lower rumination time ($P = 0.0001$) and rumination efficiency ($P = 0.0001$). There were positive correlations between the variables: rumination time \times intake, rumination time \times NDFI and peNDF \times DpeNDF. It was observed that there was a negative correlation between the variables: rumination time \times peNDF, rumination time \times DpeNDF, NDFI \times peNDF, and NDFI \times DpeNDF. Cottonseed cake is an alternative source of peNDF for feedlot beef cattle.

KEYWORDS: Ingestive behaviour; coproduct; forage-free diet; physically effective fibre; roughage

ARTICLE HISTORY

Received 29 July 2022

Accepted 15 December 2022

Published January 11, 2023.

New Zealand Journal of Agricultural Research, (66)1:1-15. <https://doi.org/10.1080/00288233.2022.2161096>

Introdução

Nas últimas duas décadas, os confinamentos de bovinos de corte no Brasil têm utilizado cada vez mais dietas com altas proporções de concentrado, principalmente grãos de milho, e até mesmo dietas totalmente sem forragem (Silvestre e Millen 2021). Essas dietas com alto teor de concentrado promovem maior eficiência alimentar e melhoram as características de carcaça. No entanto, distúrbios relacionados à fermentação láctica são frequentes, como acidose ruminal subclínica e/ou clínica, laminite e timpanismo (Alhadas et al. 2021). A ocorrência desses distúrbios é estimulada pelo alto teor de amido e baixa quantidade de fibra fisicamente efetiva, o que pode promover a modulação do pH no rúmen por meio da salivacão durante a ruminação.

Pesquisa avaliando a eficácia da fibra em detergente neutro (FDNfe) em dietas para vacas leiteiras em lactação mostrou que a FDNfe é essencial para promover funções ruminais como mastigação, ruminação, secreção salivar e manutenção do pH ideal, além de promover maior concentração de gordura do leite (Mertens 1997; Zebeli et al. 2020). Para bovinos de corte terminados em confinamento, o conteúdo adequado de FDNfe pode melhorar a mistura total da ração, aumentar a eficiência do consumo de ração e prevenir distúrbios ruminais (Park et al. 2015). Alguns estudos mostraram que coprodutos e subprodutos fibrosos, como bagaço de cana, casquinha de soja e resíduo de algodão, podem ser usados como fonte de fibra para dietas de bovinos confinados (Ezequiel et al. 2006; Gentil et al. 2011; Eiras et al. 2017; Warner et al. 2020; Arcanjo et al. 2022). Porém, é necessário conhecer a eficácia dessas fibras e o comportamento alimentar dos animais quando alimentados com dietas contendo esses coprodutos em substituição aos volumosos convencionais (Goulart et al. 2020ab, Schneid et al. 2022).

A torta de algodão é um coproduto já utilizado como concentrado, devido ao alto teor de proteína bruta (296,4 g/kg) e extrato etéreo (94,8 g/kg); além disso, possui altas concentrações (459,6 g/kg) de FDN (Valadares Filho et al. 2016), o que permite sua utilização como fonte de FDNfe em dietas sem forragem para bovinos de corte em terminação. Assim, hipostenizou-se que a torta de algodão poderia ser utilizada como fonte de fibra em substituição à silagem de milho em dietas sem forragem para bovinos de corte em terminação. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficácia da fibra da torta de algodão como potencial substituto da silagem de milho em dietas de bovinos de corte em confinamento.

Material e métodos

Declaração de aprovação do conselho de ética de experimentos com animais

Este estudo foi conduzido estritamente de acordo com as recomendações do Guia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. O protocolo experimental da pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Protocolo N° 1.181/2021).

Local do experimento e animais avaliados

O experimento foi conduzido no Setor de Confinamento de Gado de Corte da Fazenda Escola da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul, Brasil, e foi conduzido entre os meses de outubro de 2020 e janeiro de 2021, totalizando 112 d. A classificação climática de *Köppen-Geiger* para a região é do tipo *Aw* – savana tropical – com estação seca variando de três a cinco meses (Alvares et al. 2013).

Foram utilizados 24 novilhos Nelore (*Bos taurus indicus* L.) não castrados do rebanho da fazenda escola. Antes de serem confinados, esses novilhos foram criados durante a estação seca em pastagem de capim Marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf) sob lotação intermitente, com suplementação proteica, energética e mineral. Antes de entrar em confinamento, os animais receberam aplicações de antiparasitários (endo e ectoparasitas). Além disso, os animais foram vacinados contra raiva, febre aftosa e tuberculose bovina. Os novilhos entraram no experimento com peso médio de $377,77 \pm 43,5$ kg de peso corporal (PC), idade média de aproximadamente 24 meses, e foram mantidos em baias individuais (4×20 m) com comedouros individuais (2,5 m) e bebedouros fontes com capacidade para 1000 L.

Design experimental

Os tratamentos foram compostos por duas dietas experimentais: dieta SM, com 300 g/kg da matéria seca (MS) de forragem, na forma de silagem de milho (*Zea may* L.); e dieta TA, sem forragem, com 300 g/kg MS da torta de caroço de algodão (*Gossypium* spp. L.) como fonte de fibras (Tabela 1). O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado, com 2 tratamentos e 12 repetições (bovinos)/tratamento. Os novilhos foram distribuídos entre os tratamentos e mantidos em baias individuais (80 m²), com acesso à dieta e água ad libitum.

Tabela 1. Ingredientes da dieta experimental

Ingredientes	Fonte de fibra	
	Silagem de Milho	Torta de Algodão
Silagem de milho (g/kg da MS)	300,0	-
Torta de Algodão (g/kg da MS)	-	300,0
Milho moído (g/kg da MS)	488,3	632,7
Farelo de soja (g/kg da MS)	177,8	42,0
Ureia extrusada (g/kg da MS)	17,2	8,6
Mistura Mineral (g/kg da MS)	16,7	16,7

Análise de alimentos e composição de dietas

As dietas foram formuladas para serem isoproteicas, contendo cerca de 180 g/kg de proteína bruta (PB) e 370 g/kg de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN). Os ingredientes das dietas são apresentados na Tabela 1, e a composição dos ingredientes e dietas são apresentadas na Tabela 2. A matéria seca (MS), PB, FDN, extrato etéreo (EE) e matéria mineral foram determinados conforme descrito por Detmann et al. (2021). Para a estimativa de carboidratos não fibrosos (CNF), as seguintes equações foram propostas por Sniffen et al. (1992): $CNF (\%) = 100 - (FDN + PB + EE + MM)$. A digestibilidade *in vitro* da MS (DivMS) das dietas, ingredientes e fontes de fibras retidas nas peneiras do *Penn State Particle Separator* foi determinada de acordo com Tilley e Terry (1963), modificado por Holden (1999).

Tabela 2. Composição química dos ingredientes e das dietas experimentais.

	MS	MO	PB	FDN	EE	CNF
Ingredientes						
Silagem de milho	346,9	963,0	72,0	702,2	22,0	337,0
Torta de Algodão	935,5	956,1	296,2	670,5	81,8	97,0
Milho moído	921,4	988,5	90,0	263,0	31,8	723,0
Farelo de soja	941,5	928,4	480,0	164,1	3,9	276,0
Ureia extrusada	961,0	995,7	2029,7	32,5	31,6	218,0
Mistura mineral	990,0	-	-	-	-	-
Dietas						
Silagem de Milho (SM)	738,0	953,9	185,8	368,8	23,4	507,0
Torta de Algodão (TA)	911,5	959,9	183,5	374,7	45,1	500,0

MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; PB, proteína bruta; FDN, fibra em detergente neutro, EE, extrato etéreo, CNF, carboidrato não fibroso.

Determinação do FNDfe

A técnica *Penn State Particle Separator* foi determinada pela metodologia de Lammers et al. (1996). Consiste em separar 300 g das amostras em um conjunto de três peneiras em bandejas que se encaixam. As peneiras tinham diâmetros de 19,0, 8,0 e 4,0 mm e, abaixo destas, havia uma quarta bandeja com fundo fechado. As amostras foram colocadas na primeira peneira e então o separador foi agitado para frente e para trás cinco vezes para cada lado da bandeja. Posteriormente, as amostras de forragem foram pre-secadas em estufa de ventilação a 55°C, após o que foi analisada a MS das duas fontes de fibras (Tabela 3). Posteriormente, o valor de MS das amostras retidas nas peneiras foi multiplicado pelo teor de FDN encontrado para a mesma amostra em cada peneira. Para determinação da FDNfe foram adicionadas as concentrações das peneiras de 19,0 e 8,0 mm. O mesmo procedimento foi adotado para o material retido na peneira 4,0 mm e na bandeja inferior para determinação da fibra em detergente neutro não fisicamente efetiva (FDNnfe).

Para determinar a fração digestível da FDNfe, foi determinada a digestibilidade *in vitro* da FDNfe (*DivFDNfe*). As amostras retidas em cada fração da peneira *Penn State Particle Separator* foram submetidas à digestibilidade *in vitro*, sendo sua porcentagem multiplicada pelo teor de FDN de cada fração do conjunto de peneiras. A digestibilidade *in vitro* foi realizada seguindo a metodologia proposta por Tilley e Terry (1963), modificada e adaptada para o Ankom Daisy System (Ankom Technology Corp., Macedon, NY, EUA), conforme descrito por Holden (1999). A digestibilidade *in vitro* da FDN (*DivFDN*) foi determinada de acordo com Ítavo et al. (2015).

Avaliação do consumo de MS, FDN e desempenho animal

Todos os animais de ambos os experimentos foram mantidos em confinamento por 112 dias, sendo 15 dias de adaptação às dietas e instalações experimentais. No primeiro dia de adaptação, os animais receberam apenas silagem de milho, e a cada dois dias foi adicionado 10% de concentrado até o 15º dia, quando os animais receberam as dietas experimentais com relação volumoso:concentrado de 70:30.

As dietas foram fornecidas duas vezes ao dia: às 09h00, após a coleta e retirada das sobras, e novamente às 14h00, para consumo de cerca de 2,4% do PV, mais 10% para mensuração das sobras. O consumo de MS (CMS) e o consumo de FDN (CNDF) foram avaliadas nos mesmos

dias da avaliação do comportamento ingestivo, com a medição do alimento fornecido e das sobras.

Os animais foram pesados no dia inicial do experimento e mensalmente para acompanhamento do desempenho e possíveis procedimentos sanitários. Doze horas antes do abate, os animais foram submetidos a jejum e pesados para determinação do peso corporal final (PCF), ganho de peso total (GPT) e ganho médio diário (GMD).

Avaliação do comportamento ingestivo e eficiência de alimentação e ruminal

O comportamento ingestivo foi avaliado ao final do período experimental, em torno de 100 dias de confinamento, fora após estabilização do consumo, ganho de peso e maturidade (espessura de gordura subcutânea de 3 mm), de acordo com a metodologia de Johnson e Combs (1991). As observações visuais foram feitas por uma equipe treinada durante 24 horas, divididas em seis turnos (4 horas cada). Cada avaliador observou quatro baias em intervalos de cinco minutos (min) para determinar o tempo gasto: alimentação, hidratação, ruminação e ócio. Eles foram avaliados durante dois períodos contínuos de duas horas (09:00 h às 17:00 h e 15:00 h às 17:00 h) para coleta de dados e estimativa do número de mastigações por bolo ruminal e o tempo gasto em cada bolo, por meio de observação visual e cronômetro digital, respectivamente.

As variáveis relacionadas ao comportamento ingestivo foram: tempo de alimentação (min/dia); tempo de hidratação – ingestão hídrica (min/dia); tempo ocioso (min/dia); tempo de ruminação (min/dia); número de mastigações por bolo ruminal (NM/bolo, nº/bolo); tempo de mastigação do bolo ruminal (TM/bolo, sem bolo).

Os valores encontrados para os tempos (em minutos) das atividades de alimentação e ruminação foram divididos pelos valores encontrados para CMS e CFDN de cada animal para obtenção das eficiências de alimentação e ruminação.

Correlação de Pearson das variáveis

Para calcular as correlações de *Pearson* entre os valores dos tempos de alimentação e ruminação, consumos de MS e FDN de novilhos Nelore, FDNfe e DivFDNfe e fontes de fibra, foram realizadas usando o programa estatístico SAS (SAS) PROC GLM (SAS University

Edition, SAS Institute Inc., Cary, CA, EUA), e a hipótese nula (sem correlação) foi testada a 5% de probabilidade.

Análise estatística

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos e 12 repetições/tratamento. Os dados foram submetidos à análise de variância usando o comando PROC GLM do pacote estatístico SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc., Cary, CA, EUA). O teste F foi usado a 5% de significância. O modelo estatístico utilizado foi o seguinte: $Y_{ij} = \mu + t_i + \beta (X - X_{ij}) + e_{ij}$; onde: Y_{ij} = valor observado no tratamento i e na repetição j ; μ = média geral; t_i = efeito do tratamento (i = silagem de milho ou torta de algodão); $\beta (X - X_{ij})$ = efeito da covariável (peso vivo inicial); e e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Resultados

Matéria seca retida e composição das frações volumosas retidas no separador de partículas Penn State Particle Separator

Houve uma interação ($P = 0,0001$) entre a MS retida das fontes de fibra e a quantidade de nutrientes no material retido no *Penn State Particle Separator* (Tabela 3). A peneira de 8,0 mm reteve mais partículas ($P = 0,0001$) das duas fibras fontes, com TA tendo a maior retenção ($P = 0,0001$) com cerca de 81%, em comparação com SM com cerca de 55% (Figura 1).

As frações retidas nas peneiras de 4,0 mm para as duas fontes de FDN apresentaram os menores ($P = 0,0001$) teores de MS e a TA apresentou os maiores teores de MS (Tabela 3). O teor de MO foi maior ($P = 0,0001$) nas partículas de cerca de 4,0 mm para SM (Tabela 3). As partículas retidas na peneira de 4,0 mm apresentaram a maior concentração de FDN ($P = 0,0001$), independentemente da fonte de FDN (Tabela 3). As partículas de SM retidas na peneira de 19,0 mm apresentaram maiores concentrações de FDN ($P = 0,0001$). Para TA, as maiores concentrações de FDN ($P = 0,0001$) foram observadas nas partículas retidas na peneira de 4,0 mm (Tabela 3).

Tabela 3. Material retido, composição química e digestibilidade *in vitro* da matéria seca e fibra em detergente neutro das frações de silagem de milho e torta de algodão retidas nos compartimentos do conjunto de peneiras *Penn State Particle Separator*.

	Silagem de Milho				Torta de Algodão				EPM	P-valor		
	19 mm	8 mm	4 mm	<4 mm	19 mm	8 mm	4 mm	<4 mm		Fonte de Fibra	Peneira	Interação
MS retida (g/kg)	85,60	548,24	179,17	186,99	6,84	814,53	80,57	98,06	9,26	0,9999	<0,0001	<0,0001
Composição química												
MS (g/kg)	284,6	276,1	268,3	300,3	902,8	906,4	850,3	899,0	0,59	<0,0001	<0,0001	<0,0001
MO (g/kg DM)	969,0	967,4	960,0	972,5	959,8	962,7	966,4	945,1	0,37	<0,0001	<0,0001	<0,0001
FDN (g/kg DM)	713,9	563,9	561,5	552,6	540,3	567,7	641,8	528,3	12,66	<0,0001	<0,0001	<0,0001
PB (g/kg DM)	59,5	57,7	61,2	59,4	267,4	254,9	210,8	361,8	0,69	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Digestibilidade <i>In vitro</i>												
MS (g/kg)	261,7	453,1	445,1	441,9	385,1	455,1	410,3	553,6	38,02	<0,0001	<0,0001	<0,0001
FDN (g/kg)	897,5	851,5	817,7	836,3	676,2	794,1	841,3	662,4	50,67	<0,0001	0,0012	<0,0001

EPM, erro padrão da média; MS, matéria seca; MO, matéria orgânica; FDN, fibra em detergente neutro; PB, proteína bruta.

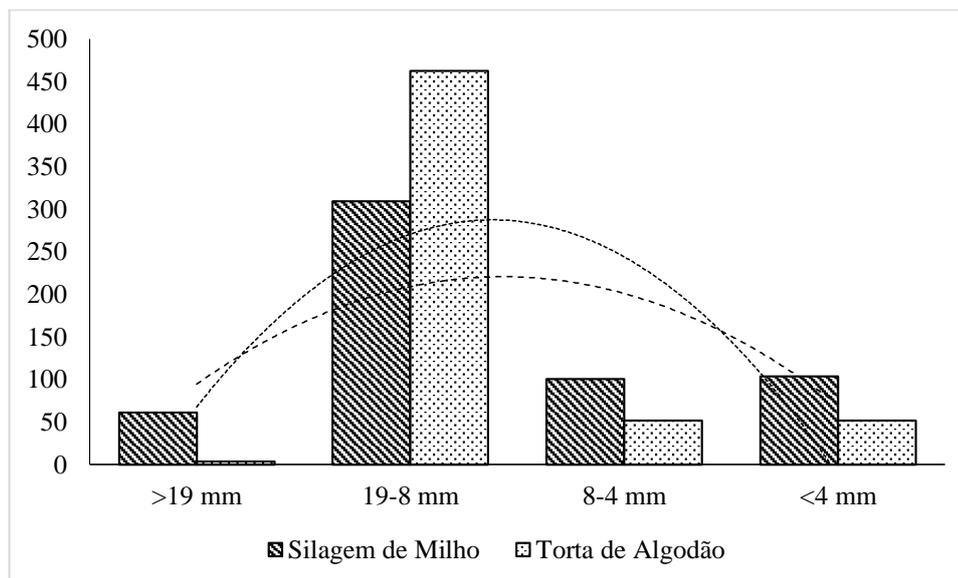


Figura 1. Matéria seca retida (g/kg) em cada partição da *Penn State Particle Separator*.

$$Y_{SM} = -57,643x^2 + 280,52x - 134,05 (R^2 = 0,4082)$$

$$Y_{TA} = -101,91x^2 + 485,88x - 323,8 (R^2 = 0,4066)$$

$$y = -61,33x^2 + 298,46x - 142,62$$

O *DivMS* foi maior para TA ($P = 0,0001$), mas o *DivFDN* foi maior ($P = 0,0012$) para SM (Tabela 3). A *DivMS* foi maior ($P = 0,0001$) na peneira de 8,0 mm e no material com < 4,0 mm para SM e TA, respectivamente (Tabela 3). O *DivFDN* foi maior ($P = 0,0001$) nas peneiras de 19,0 e 4,0 mm para SM e TA, respectivamente (Tabela 3).

Assim como na MS retida (Figura 1), as concentrações de FDN e *DivFDN* retidas na peneira de 8,0 mm foram maiores ($P = 0,0001$) nas duas fontes de FDN (Tabela 4). A TA teve maior retenção ($P = 0,0001$) nesta peneira, e o SM teve maior distribuição entre as peneiras (Tabela 3). A TA apresentou maiores concentrações de FDN e *DivFDN*, sendo que a fração de FDN de SM foi bem superior à TA (cerca de 356,35 vs. 73,39 g/kg, respectivamente). E a FDNfe foi maior na TA, mas a *DivFDNfe* foi maior na SM (Figura 2).

Avaliação do consumo e desempenho animal

Bovinos alimentados com SM tiveram maior CMS e CFDN ($p < 0,05$), cerca de 18% e 32% maiores que TA (Tabela 5). No entanto, novilhos alimentados com a dieta TA apresentaram maior ($P = 0,0001$) PCF, GPT e GMD (Tabela 5).

Tabela 4. Concentração de fibra em detergente neutro (FDN) e digestibilidade *in vitro* de FDN (DivFDN) das partículas de silagem de milho e torta de caroço de algodão retidas em cada partição do *Penn State Particle Separator*.

Peneira	FDN (g/kg MS)		EPM	P-valor		
	Silagem de Milho	Torta de Algodão		Fonte de fibra	Peneira	Interação
19 mm	61,1	3,7	5,85	0,7889	<0,0001	<0,0001
8 mm	309,1	462,4	5,85	0,7889	<0,0001	<0,0001
4 mm	100,6	51,7	5,85	0,7889	<0,0001	<0,0001
<4 mm	103,3	51,8	5,85	0,7889	<0,0001	<0,0001
DivFDN (g/kg MS)						
19 mm	54,1	2,6	4,91	0,0021	<0,0001	<0,0001
8 mm	257,7	353,7	4,91	0,0021	<0,0001	<0,0001
4 mm	81,6	42,3	4,91	0,0021	<0,0001	<0,0001
<4 mm	84,9	31,1	4,91	0,0021	<0,0001	<0,0001

EPM, erro padrão da média; MS, matéria seca.

Tabela 5. Desempenho e comportamento ingestivo de novilhos Nelore alimentados com silagem de milho e torta de algodão como fontes de fibras na dieta de terminação em confinamento.

	Fonte de Fibra		EPM	P-valor
	Silagem de Milho	Torta de Algodão		
Consumo				
MS (kg/dia)	9,98	8,20	2,286	<0,0001
FDN (kg/dia)	3,42	2,33	0,679	<0,0001
Performance produtiva				
PCF (kg)	525,83	535,71	31,486	<0,0001
GPT (kg)	145,92	160,08	31,486	<0,0001
GMD (kg/d)	1,30	1,43	0,081	<0,0001
Atividades comportamentais				
Alimentação (min/dia)	115,44	148,25	36,926	0,0317
Ruminação (min/dia)	212,26	124,09	56,251	0,0010
Ociosidade (min/dia)	1,084,87	1,128,30	66,125	0,0522
Hidratação (min/dia)	23,79	37,88	20,614	0,0971
Bocado (min/dia)	3,64	1,47	1,619	0,0034
Eficiência de alimentação (min/kg da MS)	13,46	19,12	1,4471	<0,0001
Eficiência de alimentação (min/kg da FDN)	37,94	69,89	5,0249	0,0001
Eficiência de ruminação (min/kg da MS)	22,80	15,62	1,9692	0,0001
Eficiência de ruminação (min/kg da FDN)	63,91	55,16	5,2333	0,0001

EPM, erro padrão da média; MS, matéria seca; FDN, fibra em detergente neutro; PCF, peso corporal final; GPT, ganho de peso total; GMD, ganho médio diário.

Avaliação do comportamento ingestivo e eficiência alimentar e ruminal

Os novilhos que receberam TA como fonte de fibra tiveram maior tempo de alimentação e menor tempo de ruminação e mordida ($P = 0,0001$) do que aqueles que receberam SM (Tabela 5). Quanto ao tempo de ócio e tempo de hidratação, não houve diferença significativa entre as fontes de fibras ($p > 0,05$). Animais que tiveram TA como forragem tiveram maior ($P = 0,0001$) eficiência de alimentação. No entanto, TA promoveu menor eficiência de ruminação ($P = 0,0001$) em relação a CS (Tabela 5).

Correlação de Pearson das variáveis

Houve correlações positivas ($P = 0,0001$) entre as variáveis tempo de ruminação \times CMS (0,43), tempo de ruminação \times CFDN (0,71) e FDNfe \times DivFDNfe (0,94). Observou-se que houve correlação negativa ($P = 0,0001$) entre as variáveis tempo de ruminação \times FDNfe (-0,53), tempo de ruminação \times DivFDNfe (-0,41), CFDN \times FDNfe (-0,60) e CFDN \times DivFDNfe (-0,49; Tabela 6).

Tabela 6. Correlação de Pearson entre as variáveis do comportamento ingestivo e as características de eficácia da fibra.

	Temp. alimentação	Temp. ruminação	CMS	CFDN	FDNfe	DivFDNfe
Temp. alimentação	1,00	-0,26	0,13	-0,12	0,40*	0,31
Temp. ruminação	-0,26	1,00	0,43*	0,71*	-0,53*	-0,41*
CMS	0,13	0,43*	1,00	0,29	-0,34	-0,32
CFDN	-0,12	0,71*	0,29	1,00	-0,60*	-0,49*
FDNfe	0,40*	-0,53*	-0,34	-0,60*	1,00	0,94*
DivFDNfe	0,31	-0,41*	-0,32	-0,49*	0,94*	1,00

Temp., tempo; FDN, fibra em detergente neutro; FDNfe, fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; DivFDNfe, digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva

Discussão

Composição das frações volumosas retidas nas peneiras

Apesar da maior concentração de partículas retidas na peneira de 8,0 mm para as duas fontes de fibras, as partículas de SM foram mais distribuídas nas quatro peneiras do que nas partículas de TA (Figura 1). Por serem materiais diferentes, a silagem de milho possui partículas de diferentes partes da planta (folhas, caules, panículas e espigas). Ao contrário do TA, que é um material produzido a partir da extração do óleo do caroço de algodão por pressão mecânica, ele é seguido da extração por solvente (Abdalla et al. 2008).

Os teores de MS e MO de ambas as fontes de fibra presentes nos quatro compartimentos das peneiras do *Penn State Particle Separator* foram semelhantes. Observou-se que para os demais nutrientes houve diferenças nas frações retidas nas peneiras. Para o SM, a peneira de 19,0 mm apresentou maior teor de FDN, menor teor de PB, menor DivMS e maior DivFDN. A TA apresentou os maiores teores de FDN e DivFDN no material retido na peneira de 4,0 mm, e os maiores teores de PB e DivMS foram observados no material retido no fundo (cerca de 4 mm; Tabela 3); isso se deve ao fato desse material ser representado, em sua maioria, pelo

conteúdo interno do caroço de algodão. Segundo Cao et al. (2021), partículas menores contêm maiores quantidades de substratos solúveis, são rapidamente degradáveis e possuem menos carboidratos estruturais. Porém, deve-se levar em consideração que quanto menor o tamanho e a densidade da partícula, maior a taxa de passagem no retículo ruminal, o que pode afetar negativamente a digestibilidade da FDN, principalmente de fontes de fibra não forrageiras (Ítavo e Ítavo 2005).

As maiores concentrações de partículas maiores que 8 mm (Tabela 3), em combinação com a maior concentração de FDN nessas partículas (Tabela 4), promovem maior retenção no rúmen, com degradação mais lenta, formando uma camada de fibra que flutua no interior do rúmen (*mat* ruminal) que estimula a motilidade no rúmen e que precisa ser ruminado (Armentano e Pereira 1997). A fração da FDN que forma a esteira do rúmen e estimula a ruminação é chamada de 'fibra fisicamente efetiva' (Figura 2; Lammers et al. 1996; Mertens 1997). Os resultados da FDNfe da SM e TA foram inferiores aos encontrados por Goulart et al. (2020a) utilizando o método laboratorial proposto por Lammers et al. (1996). Os mesmos autores relataram que os valores de eficácia da fibra forrageira e coprodutos, estimados pelo método laboratorial de Mertens (1997), foram maiores do que quando estimados pelo método de Lammers et al. (1996), com exceção do bagaço de cana-de-açúcar, lembrando que a retenção de material até a peneira de 1,18 mm é bem maior (Goulart et al. 2020a).

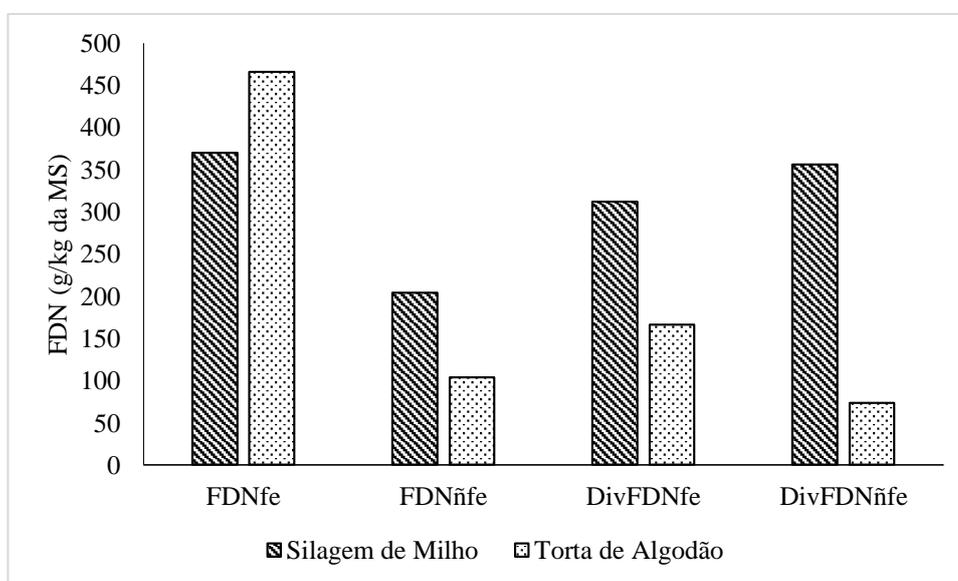


Figura 2. Concentração de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (FDNfe), fibra em detergente neutro não fisicamente efetiva (FDNñfe), digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (DivFDNfe), digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro não fisicamente efetiva (DivFDNñfe).

Avaliação do consumo e desempenho animal

Apesar do menor CMS e CFDN, os novilhos consumindo uma dieta com TA como fonte de fibra apresentaram maior PCF e GPT (Tabela 5). Isso se deve ao fato de que TA apresentou maior DivMS e DivFDN (Tabela 3), independentemente das frações retidas nas peneiras *Penn State Particula*. Além disso, o menor tempo de alimentação, maior tempo de ruminação, maior taxa de bocados de novilhos alimentados com SM (Tabela 5) e menor DivFDNfe (Tabela 4), mostram que essa dieta promoveu menor taxa de passagem e maior enchimento ruminal físico.

Avaliação do comportamento ingestivo e eficiência alimentar e ruminal

Apesar da TA ter maior FDNfe, isto teve pouca influência no comportamento ingestivo. Os animais que tiveram SM como fonte de fibra tiveram maior tempo de ruminação, maior taxa da bocado e maior número de mastigações, com 69,31%, 144,67% e 499,75% maiores que os de TA. Os animais da dieta TA gastaram cerca de 28% mais tempo se alimentando no cocho em comparação com os animais recebendo SM (Tabela 5). Goulart et al. (2020a, 2020b) também observaram alta concentração de FDN com base na MS nos coprodutos casquinha de soja e TA (69,03% e 51,98%, respectivamente). Assim como no presente trabalho, Goulart et al. (2020b) encontraram maiores tempos de mastigação e ruminação em animais consumindo dietas com fontes forrageiras (SM, cana-de-açúcar e bagaço de cana-de-açúcar) em comparação com dietas com coprodutos (casquinha de soja e TA) e dietas com metade do teor de FDN da forragem.

Em ovinos alimentados com casquinha de soja crescente em substituição à silagem de sorgo, Carvalho et al. (2014) também encontraram menores tempos de mastigação e tempo gasto por refeição. Mendes et al. (2010) também relataram menor tempo de mastigação e ruminação em ovinos com casquinha de soja como fonte de fibra, em comparação com ovinos alimentados com bagaço de cana *in natura*.

Apesar da menor eficiência de alimentação, os animais que tiveram SM como fonte de fibra tiveram maior eficiência de ruminação. Isso se deve ao fato de que esses animais tiveram maior oferta de partículas maiores que 19 mm (Tabela 5), o que causou maior efeito de enchimento ruminal, apesar da concentração de FDN entre as dietas ser semelhante (Tabela 2). Goulart et al. (2020b) observaram maior CMS em novilhos alimentados com dieta contendo 20% de FDN com TA e que tiveram menor tempo médio de retenção de partículas no rúmen-

retículo e trato gastrointestinal, em comparação com dietas com 10% e 20% de FDN de silagem de milho e 20% de outras fontes de fibra, como cana-de-açúcar, bagaço de cana-de-açúcar ou casca de soja.

Da Mata et al. (2022) estudaram os efeitos de híbridos de milho e métodos de processamento no consumo e digestibilidade de nutrientes, fermentação ruminal e metabólitos sanguíneos de novilhos alimentados com dietas de terminação sem forragem contendo TA (145 g/kg) e casca de soja (280 g/kg), como fontes de fibras e observaram que o pH médio geral foi de 5,72, e o método de processamento do milho afetou o consumo e a digestibilidade do amido, amido fecal e pH fecal. Vale ressaltar que as dietas continham 150 g/kg de PB e 270 g/kg de FDN, valores inferiores às dietas avaliadas no atual experimento (SM e TA; Tabela 2). Entretanto, na dieta de Da Mata et al. (2022), nota-se que a eficácia da casca de soja não foi suficiente para manter as ruminações e, conseqüentemente, a estabilização do pH próximo à neutralidade. Da mesma forma, Goulart et al. (2020a, 2020b) destacaram que a eficácia da casca de soja é inferior à das TA.

Correlação de Pearson das variáveis

A correlação positiva do tempo de ruminação com CMS e CFDN (Tabela 6) mostrou que, embora o teor de FDN tenha sido o mesmo para ambas as dietas (Tabela 2), o tipo de fibra influenciou o consumo da dieta e o comportamento de ruminação. Animais alimentados com fontes de FDN de SM apresentaram maior CMS e CFDN e maiores tempos de ruminação do que os animais que consumiram a dieta com TA.

A correlação negativa ($p < 0,05$) entre tempo de ruminação e FDNfe e DivFDNfe demonstra que não são apenas o tamanho das partículas e a digestibilidade da fonte alimentar que podem influenciar as atividades de ruminação. Mesmo a TA com maior concentração de FDNfe (Figura 2), as fontes de fibra de coproduto tendem a ter uma taxa de passagem mais rápida do que as forragens (Ítavo e Ítavo 2005). A correlação positiva entre FDNfe e DivFDNfe mostra que independente da partícula retida e da quantidade de FDN presente, os componentes que formam a parede celular – principalmente carboidratos fibrosos – podem influenciar na digestibilidade da fonte de fibra.

Segundo Pirmohammadi et al. (2007), uma dieta com maior teor de FDN promoveu maior consumo de FDN e FDNfe, mas não influenciou nos tempos de alimentação e ruminação de

novilhos búfalos. No entanto, os autores observaram que a dieta com maior FDN manteve o pH ruminal mais elevado, mesmo com menor digestibilidade da MS e da FDN. Goulart et al. (2020a) utilizaram métodos de bioensaio em que a eficácia da fibra foi determinada pelas respostas dos animais às características físicas da partícula com pH ruminal. Eles observaram que as dietas com TA, juntamente com as dietas com bagaço de cana-de-açúcar e a dieta com cana-de-açúcar, foram as que apresentaram mais FDNfe. Quando esses autores observaram as respostas quanto à mastigação (min/dia), os maiores fatores de eficácia foram as dietas com bagaço de cana-de-açúcar e cana-de-açúcar *in natura*.

A utilização do método FDNfe tem sido utilizada por cerca de 80,6% dos nutricionistas para adequação do teor de fibra nos sistemas de confinamento de bovinos de corte no Brasil (Silvestre e Millen 2021). A técnica *Penn State Particle Separator* proposta por Lammers et al. (1996) é vantajoso, pois facilita a medição da granulometria de forragens e dietas totais a serem realizadas em sistemas de produção de gado leiteiro e de corte. Além disso, requer menos tempo para realizar uma análise, é fácil de operar e seu tamanho e peso o tornam portátil. No entanto, métodos laboratoriais (Lammers et al. 1996; Mertens 1997) não foram padronizados para medir o tamanho de partícula e estimar a eficácia da fibra de coprodutos da agroindústria, além de fornecer associações fracas com parâmetros ruminais em dietas de alto concentrado (Goulart et al. 2020a).

A torta de caroço de algodão é bastante conhecida e utilizada como fonte de concentrado protéico na formulação de rações totais e suplementação de pastagens para ruminantes (Santana et al. 2010; Assis et al. 2019; Getu et al. 2020; Tipu et al. 2021; Arcanjo et al. 2022). A torta de caroço de algodão é um alimento diferenciado devido ao seu considerável teor de proteína degradada ruminalmente e pós-ruminalmente (Couto et al. 2012). Além disso, TA fornece energia substancial devido à presença de lipídios residuais remanescentes após a extração do óleo (Abdalla et al. 2008; Barducci et al. 2016). Sua composição depende da eficiência da extração do óleo no processamento industrial, que tende a diminuir o teor de lipídios e aumentar os demais nutrientes (Valadares Filho et al. 2018). Seu uso como fonte de fibra é promissor; no entanto, sua eficácia deve ser mais bem conhecida para que possa ser utilizada com segurança em substituição a fontes forrageiras.

Conclusão

A torta de caroço de algodão é uma fonte eficaz de fibra e promove maior atividade alimentar e menos tempo gasto na mastigação e ruminação. A torta de algodão pode ser utilizada como única fonte de fibra em dietas para novilhos em terminação em confinamento. No entanto, recomenda-se que o tamanho das partículas de fontes de fibra de coprodutos da agroindústria seja monitorado para garantir maior segurança no seu uso.

Referências

- Abdalla AL, Silva Filho JC, Godoi AR, Carmo CA, Eduardo JLP. 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 37:260–268. doi:10.1590/S1516-35982008001300030.
- Alhadas HM, Valadares Filho SC, Silva FF, Silva FAS, Pucetti P, Pacheco MVC, Silva BC, Tedeschi LO. 2021. Effects of including physically effective fiber from sugarcane in whole corn grain diets on the ingestive, digestive, and ruminal parameters of growing beef bulls. *Livestock Science*. 248:104508. doi:10.1016/j.livsci.2021.104508.
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*. 22:711–728. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507.
- Arcanjo AHM, Ítavo LCV, Ítavo CCBF, Franco GL, Dias AM, Difante GS, Lima EA, Santana JCS, Gurgel ALC. 2022. Cotton cake as an economically viable alternative fibre source of forage in a high-concentrate diet for finishing beef cattle in feedlots. *Tropical Animal Health and Production*. 54:112. doi:10.1007/s11250-022-03120-y.
- Armentano L, Pereira M. 1997. Measuring the effectiveness of fiber by animal response trials. *Journal of Dairy Science*. 80:1416–1425. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76071-5.
- Assis DYC, Carvalho GGP, Santos EM, Oliveira FA, Araújo MLGML, Pina DS, Santos AS, Rufino LMA. 2019. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. *Italian Journal of Animal Science*. 18:124–133. doi:10.1080/1828051X.2018.1490633.
- Barducci RS, Franzói MCS, Sarti LMN, Millen DD, Putarov TC, Perdigão A, Martins CL, Arrigoni MDB. 2016. Perfil de ácidos graxos e características da carne de bovinos nelore

- confinados com diferentes fontes lipídicas protegidas. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 68:233–242. doi:10.1590/1678-4162-8039.
- Cao Y, Wang D, Wang L, Wei X, Li X, Cai C, Lei X, Yao J. 2021. Physically effective neutral detergent fiber improves chewing activity, rumen fermentation, plasma metabolites, and milk production in lactating dairy cows fed a high-concentrate diet. *Journal of Dairy Science*. 104:5631–5642. doi:10.3168/jds.2020-19012.
- Carvalho S, Dias FD, Pires CC, Brutti DD, Lopes JF, Santos D, Barcelos RD, Macari S, Wommer TP, Griebler L. 2014. Comportamento ingestivo de cordeiros texel e ideal alimentados com casca de soja. *Arch de Zootec*. 63:55–64. doi:10.4321/S0004-05922014000100006.
- Couto GS, Silva Filho JC, Corrêa AD, Silva EA, Pardo RMP, Esteves C. 2012. Digestibilidade intestinal *in vitro* da proteína de coprodutos da indústria do biodiesel. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 64:1216–1222. doi:10.1590/S0102-09352012000500020.
- Da Mata D, Ítavo LCV, Ítavo CCBF, Ferreira JDJ, Paulino PVR, Moraes GJ, Niwa MVG, Kozerski ND, Leal ES, Costa MCM. 2022. Elongase of very long chain fatty acids 6 (ELOVL6) promotes lipid synthesis in Buffalo mammary epithelial cells. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 106:1–11. doi:10.1111/jpn.13536.
- Detmann E, Costa e Silva LF, Rocha GC, Palma MNN, Rodrigues JPP. 2021. Métodos para análise de alimentos, 2nd ed. Visconde do Rio Branco: Suprema.
- Eiras CE, Mottin C, Passetti RAC, Torrecilhas JA, Souza KA, Guerrero A, Prado IN. 2017. How dietary cottonseed hull affects the performance of young bulls finished in a high-concentrate system. *Animal Production Science*. 57:1719–1724. doi:10.1071/AN15474.
- Ezequiel JMB, Galati RL, Mendes AR, Faturi C. 2006. Desempenho e características de carcaça de bovinos nelore em confinamento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar e diferentes fontes energéticas. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 35:2050–2057. doi:10.1590/S1516-35982006000700024.
- Gentil RS, Ivanete Susin I, Pires AV, Ferreira EM, Mendes CQ, Almeida OC, Mário Queiroz AA. 2011. Nutrient metabolism in sheep fed soybean hulls replacing coastcross hay. *R Bras Zootec*. 40(12):2835–2843. doi:10.1590/S1516-35982011001200030.

- Getu K, Getachew A, Berhan T, Getnet A. 2020. Supplementary value of ensiled brewers spent grain used as replacement to cotton seed cake in the concentrate diet of lactating crossbred dairy cows. *Tropical Animal Health and Production*. 52:3675–3683. doi:10.1007/s11250-020-02404-5.
- Goulart RS, Vieira RAM, Daniel JLP, Amaral RC, Santos VP, Toledo Filho SG, Cabezas-Garcia EH, Tedeschi LO, Nussio LG. 2020a. Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets: comparison of methods to measure the effectiveness of fiber. *Journal of Animal Science*. 98:1–9. 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. 2020b. Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets on feed intake, ingestive behavior, and ruminal kinetics. *Journal of Animal Science*. 98:1–15. doi:10.1093/jas/skaa107.
- Holden LA. 1999. Comparison of methods of *in vitro* dry matter digestibility for ten feeds. *Journal of Dairy Science*. 82:1791–1794. doi:10.3168/jds.S0022-0302(99)75409-3.
- Ítavo LCV, Ítavo CCBF. 2005. Dinâmicas de partículas no rúmen. In: Ítavo LCV, Ítavo CCBF, editor. *Nutrição de ruminantes: aspectos relacionados à digestibilidade e aproveitamento de nutrientes*. Campo Grande: UCDB.
- Ítavo LCV, Soares CM, Ítavo CCBF, Dias AM, Petit HV, Leal ES, Souza ADV. 2015. Calorimetry, chemical composition and *in vitro* digestibility of oilseeds. *Food Chemistry*. 185:219–225. doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.007.
- Johnson TR, Combs DK. 1991. Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 74:933–944. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78243-X.
- Lammers BP, Buckmaster DR, Heinrichs AJ. 1996. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*. 79:922–928. doi:10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1.
- Mendes CQ, Turino VR, Susin I, Pires AV, Morais JB, Gentil RS. 2010. Comportamento ingestivo de cordeiros e digestibilidade dos nutrientes de dietas contendo alta proporção de concentrado e diferentes fontes de fibra em detergente neutro. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39:594–600. doi:10.1590/S1516-35982010000300019.

- Mertens DR. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80:1463–1481. doi:10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2.
- Park JH, Kim KH, Park PJ, Jeon BT, Oh MR, Jang SY, Sung SH, Moon SH. 2015. Effects of physically effective neutral detergent fibre content on dry-matter intake, digestibility and chewing activity in beef cattle fed total mixed ration. *Animal Production Science*. 55:166–169. doi:10.1071/AN14241.
- Pirmohammadi R, Yansari AT, Hamidi BA, Manafiazia G. 2007. Effect of different fibrous and nonfiber carbohydrate levels on nutrients digestibility of total mixed ration using *in vivo* in Buffalo. *Italian Journal of Animal Science*. 6:476–479. doi:10.4081/ijas.2007.s2.476.
- Santana DFY, Lira MA, Santos MVF, Ferreira MA, Santos DC, Mello ACL, Dubeux Júnior JCB, Araujo GGL. 2010. Consumo de matéria seca e desempenho de novilhas das raças girolando e guzerá sob suplementação na caatinga, na época chuvosa, em pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39:2148–2154. doi:10.1590/S1516-35982010001000007.
- Schneid KN, Foote AP, Beck PA, Farran GL, Wilson BK. 2022. Using whole cottonseed to replace dried distillers grains plus solubles and prairie hay in finishing beef cattle rations balanced for physically effective neutral detergent fiber. *Applied Animal Science*. 38:417–432. doi:10.15232/aas.2022-02305.
- Silvestre AM, Millen DD. 2021. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 50:1–25. doi:10.37496/rbz5020200189.
- Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*. 70:3562–3577. doi:10.2527/1992.70113562x.
- Tilley JMA, Terry RA. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Grass and Forage Science*. 18:104–111. doi:10.1111/j.1365-2494.1963.tb00335.x.
- Tipu MA, Khalique A, Naveed-ul-Haque M, Shahid MQ, Akhtar M, Ilyas M. 2021. Effect of feeding calcium propionate supplemented cotton seed cake on milk yield, milk composition and aflatoxin concentration in lactating buffaloes. *Tropical Animal Health and Production*. 53:285. doi:10.1007/s11250-021-02740-0.

- Valadares Filho SC, Menezes ACB, Benedeti PB, Lopes SA, Paulino MF, Silva FF. 2018. Alternativas nutricionais para terminação do nelore superprecoce. In: XI Simpósio De Produção De Gado De Corte/7th international symposium of beef cattle production. Anais Viçosa: UFV.
- Valadares Filho SC, SilvaLFC, LopesSA, Prados LF,ChizzottiML,MachadoPAS, Bissaro LZ, Furtado T. 2016. BR-Corte 3.0: Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados. Viçosa: UFV. <https://brcorte.com.br/site/>.
- Warner AL, Beck PA, Foote AP, Pierce KN, Robison CA, Stevens NE, Wilson BK. 2020. Evaluation of ruminal degradability and metabolism of feedlot finishing diets with or without cotton byproducts. *Journal of Animal Science*. 98:1–10. doi:10.1093/jas/skaa257.
- Zebeli Q, Tafaj M, Steingass H, Metzler B, Drochner W. 2021. Physically effective neutral detergent fiber improves chewing activity, rumen fermentation, plasma metabolites, and milk production in lactating dairy cows fed a high-concentrate diet. *Journal of Dairy Science*. 104:5631–5642. doi:10.3168/jds.2020-19012.

ARTIGO II

Consumo, parâmetros produtivos e metabólicos de tourinhos Nelore alimentados com dieta isenta de forragem utilizando torta de algodão como fonte de fibras

RESUMO

Nossa hipótese é que a torta de caroço de algodão como fonte de fibra na dieta de tourinhos Nelore confinados, poderia manter ou melhorar o consumo de nutrientes e parâmetros produtivos e metabólicos. Foi avaliada a substituição total da silagem de planta inteira de milho (SM) pela torta de caroço de algodão (TA) como fonte de fibra na dieta. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e 12 repetições. Os tratamentos foram duas dietas experimentais com SM ou TA como fontes de fibras. Todos os animais foram pesados aos 0, 15, 30, 60 e 112 dias para monitorar o desempenho produtivo e ingestão de nutrientes. Os consumos de MS (CMS), matéria orgânica (CMO), fibra em detergente neutro (CFDN), fibra em detergente neutro fisicamente efetiva (CFDNfe), proteína bruta (CPB) e carboidratos não fibrosos (CCNF) do gado do tratamento SM foram maiores, e o consumo de extrato etéreo (CEE) dos bovinos alimentados com a dieta TA foi maior. A ingestão de nutrientes no período inicial (0-15 dias) foi menor para o tratamento TA. A digestibilidade da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO), fibra em detergente neutro (DFDN) e proteína bruta (DPB) foi maior para a dieta SM. A digestibilidade dos carboidratos não fibrosos (DCNF) tendeu a ser maior para dieta TA. Houve interação fonte de fibra×período para GMD, sendo o menor nos primeiros 15 dias e o maior aos 30 dias, refletindo um ganho compensatório. Os animais alimentados com a dieta TA apresentaram maior concentração de colesterol e glicose no plasma sanguíneo ($p<0,05$). A dieta sem forragem contendo torta de algodão como fonte de fibra promoveu melhor desempenho animal com melhor conversão e maior eficiência alimentar.

PALAVRAS CHAVE: consumo, desempenho animal, fonte de fibra, silagem de milho, torta de algodão, volumoso.

Intake, productive and metabolic parameters of Nellore young bulls fed a diet without forage using cottonseed cake as a fiber source

ABSTRACT

We hypothesized that cottonseed cake in confined Nellore young bulls' diet as fiber source, could maintain or improve the nutrient intake, and productive and metabolic parameters. It was evaluated the total replacement of whole plant corn silage (CS) by cottonseed cake (CSC) as a source of fiber in the diet. A completely randomized design with two treatments and 12 replications was used. The treatments were two experimental diets CS or cottonseed cake CSC as fiber sources. All animals were weighed at 0, 15, 30, 60 and 112 days to monitor productive performance and nutrient intake. Intakes of DM (DMI), organic matter (OMI), neutral detergent fiber (NDFI), physically effective neutral detergent fiber (peNDFI), crude protein (CPI) and non-fiber carbohydrates (NFCI) of the CS treatment cattle were higher, and the ethereal extract intake (EEI) of cattle fed CSC diet was higher. The nutrient intake in the initial period (0-15 days) was lower for the CSC treatment. Digestibility of dry matter (DMD), organic matter (OMD), neutral detergent fiber (NDFD), and crude protein (CPD) was higher for the CS diet. Digestibility of non-fiber carbohydrates (DCNF) tended to be higher for the TA diet. There was fiber source×period interaction for ADG, the lowest in the first 15 days and the highest at 30 days, reflecting a compensatory gain. The animals fed CSC diet showed a higher concentration of cholesterol and glucose in the blood plasma ($p<0.05$). The diet without forage containing cottonseed as a source of fiber promoted better animal performance with better conversion and greater feed efficiency.

Keywords: animal performance, corn silage, cottonseed cake, fiber source, intake, roughage.

Introdução

A pesar da produção brasileira de bovinos de corte ser baseada em pastagens, o que torna a atividade de baixo custo e competitiva no mercado internacional (Hocquette et al. 2017), cerca de 15% dos bovinos abatidos são terminados em confinamento (ABIEC 2022). O sistema de confinamento reduz a carga animal nas pastagens no período seco e aproveitar a oferta de grãos nas regiões tradicionais agrícolas (Souza et al. 2022). O uso desse tipo de sistema possibilita uma maior rentabilidade, apesar dos maiores investimentos iniciais (Moreira et al. 2015, Araújo Filho et al. 2019).

Nas últimas duas décadas o percentual de forragem na dieta dos bovinos terminados em confinamento brasileiros tem diminuído, tendo uma média de 17%, com aumento do percentual de concentrado e até mesmo uso de dietas isentas de forragem (Jacovaci et al. 2021, Silvestre e Miller 2021). Dietas contendo alto concentrado utilizadas na terminação de bovinos em confinamentos tem a finalidade de disponibilizar uma alta densidade energética, para que promova melhor desempenho animal com melhor eficiência alimentar (Ítavo et al. 2002). Além de promover maior acabamento e rendimento de carcaça e melhor qualidade de carne em relação a animais terminados em pastagens (Scaglia et al. 2012). Entretanto, o nível de fibra nesse tipo de dieta, em especial a fibra fisicamente efetiva (FDNfe), desempenha um papel importante para estimular a atividade de ruminação, manter o pH ruminal ideal e promover a digestão das fibras (Owens et al. 1997, Ítavo et al. 2002, Zebeli et al. 2010).

A torta de algodão é um coproduto oriundo da extração de óleo da semente do algodoeiro (*Gossypium* spp. L.), que é rica em fibras, porém seus teores são variáveis dependendo da eficiência da extração do óleo (Abdala et al. 2010, Valadares Filho et al. 2018). Ela é um coproduto já muito usado em dietas em sistemas de confinamento de bovinos (Silvestre e Miller 2021), podendo ser usado como fonte de fibra primária ou secundária (Goulart et al. 2020ab, Arcanjo et al. 2022, Da Mata et al. 2022, Arcanjo et al. 2023).

Portanto, hipotetizamos que a adição de torta de caroço de algodão quando incluída em dietas sem volumoso para tourinhos Nelore confinados, poderia manter ou melhorar o consumo de nutrientes e parâmetros produtivos e metabólicos. Assim, objetivou-se avaliar o consumo e digestibilidade de nutrientes, desempenho produtivo e parâmetros sanguíneos de tourinhos Nelore confinados e terminados com dieta hiperconcentrada contendo torta de algodão ou silagem de milho inteiro como fonte de fibras.

Material e Métodos

Local do experimento e animais avaliados

O experimento foi realizado no confinamento de bovinos de corte na Fazenda Escola da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Terenos, Mato Grosso do Sul, Brasil, sendo realizado entre os meses de outubro e janeiro, totalizando 112 dias. A região apresenta classificação climática de Köppen-Geiger de *clima Aw* – tropical de savana - com estação seca variando de três a cinco meses (Alvares et al. 2013).

Foram utilizados 24 novilhos não castrados da raça Nelore (*Bos taurus indicus* L.), provenientes do setor de bovinos de corte da Fazenda Escola/UFMS. Antes de serem confinados os novilhos passaram a recria durante a estação seca em pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf) sob lotação intermitente, com suplementação mineral proteico-energética. Os novilhos entraram no confinamento com média de $377,77 \pm 43,5$ kg de peso vivo inicial (PVI), e idade média de aproximadamente 24 meses e foram mantidos em baias individuais (4 × 20 m) com piso de solo exposto, comedouro individual (2,5m) e bebedouro com capacidade de 1000L dividido entre duas baias.

Delineamento experimental

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com dois tratamentos (fontes de fibra) e 12 repetições (novilhos). Os tratamentos consistiram de duas dietas experimentais: SM - uma dieta com aproximadamente 370 g/kg de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), com silagem da planta inteira de milho (*Zea may* L.) como fonte de fibra, e TA - uma dieta sem forragem contendo 370 g/kg de FDN, da torta de caroço de algodão (*Gossypium* spp. L.) como principal fonte de fibra (Tabela 1).

Os novilhos foram distribuídos entre os tratamentos e mantidos em baias individuais (80m²), com acesso à dieta e água *ad libitum*. Os animais foram pesados nos dias 0, 15, 30, 60 e 120 para acompanhamento de desempenho e para possíveis procedimentos sanitários. As dietas eram fornecidas duas vezes ao dia às 09:00, após a coleta das sobras, e novamente às 14:00, com sobras mantidas em 10%.

Consumo de nutrientes, análise de alimentos e da dieta

As dietas foram formuladas para serem isoprotéica contendo cerca de 180 g/kg de proteína bruta (PB) e 370 g/kg de fibra em detergente neutro (FDN, Tabela 1). As amostras de alimentos, dieta, sobras e fezes foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72°C, posteriormente foram moídas em moinho com peneira de 1mm. Posteriormente foram realizadas a MS a 105°C, a matéria mineral (MM), a matéria orgânica (MO), a proteína bruta (PB), a FDN (Detmann et al. 2021). O carboidrato não fibroso (CNF) foi estimado pela equação proposta por Sniffen et al. (1992):

$$\text{CNF} = 100 - \text{MM} - \text{PB} - \text{EE} - \text{FDN}$$

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas com diferentes fontes de fibra para bovinos de corte em confinamento

Ingredientes	Fonte de Fibra	
	Silagem de Milho	Torta de Algodão
	g/kg da MS	
Silagem de milho	300.0	-
Torta de algodão	-	300.0
Fubá de milho	488.4	632.7
Farelo de soja	177.8	42.1
Ureia extrusada	17.2	8.6
Núcleo mineral *	16.7	16.7
Nutriente	Composição Química	
MS (g/kg)	738.0	911.5
MO (g/kg da MS)	953.9	959.9
FDN (g/kg da MS)	368.8	374.7
FDNfe (g/kg da MS)	182.8	230.9
PB (g/kg da MS)	185.8	183.5
EE (g/kg da MS)	23.4	45.1
CNF (g/kg da MS)	507.0	500.0

MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; FDN: fibra em detergente neutro; FDNfe: fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; CNF: carboidratos não fibroso.

* Núcleo mineral: 75 g/kg de Na, 30 g/kg de P, 200 g/kg de Ca, 30 g/kg de Mg, 20 g/kg de S, 1500 mg/kg de Zn, 500 mg/kg de Cu, 300 mg/kg de Mn, 20 mg/kg de Cb, 40 mg/kg de I, 13 mg/kg de Se, 13 mg/kg de Cr, 1300, 400 mg/kg de F, 1300 mg/kg de virginiamicina.

Digestibilidade dos nutrientes, nutrientes digestíveis totais e pH fecal

A digestibilidade aparente da MS (DMS) foi determinada considerando a MS consumida e excretada, de acordo com proposto por Weiss et al. (1992):

$$\text{DMS} = \frac{\text{MS ingerida} - \text{MS excretada}}{\text{MS ingerida}} \times 100$$

A digestibilidade dos nutrientes (DN) – MO, FDN, PB, EE e CNF – foi determinada pela quantidade de nutrientes ingerida e excretada, de acordo com proposto por Weiss et al. (1992):

$$DN = \frac{(\text{MS ingerida} \times \% \text{ nutriente}) - (\text{MS excretada} \times \% \text{ Nutriente})}{(\text{MS ingerida} \times \% \text{ Nutrientes})} \times 100$$

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados pela equação proposta por Valadares Filho et al. (2016):

$$NDT = \text{PB}_{\text{digestível}} + \text{FDN}_{\text{digestível}} + \text{CNF}_{\text{digestível}} + 2,25 \times \text{EE}_{\text{digestível}}$$

As fezes foram coletadas na ampola retal dos bovinos, após as três primeiras pesagens, o pH fecal foi determinado imediatamente após a amostragem misturando 100 ml de água destilada e 15 g de fezes frescas em um frasco de vidro usando um termômetro portátil e um medidor de pH (AK 103[®]; Turgeon Junior et al. 1983). Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas e levadas ao laboratório para avaliação da composição química.

Determinação da FDN_{fe}

A FDN_{fe} foi determinada segundo a técnica *Penn State Particle Size* proposta por Lammers et al. (1996), que consiste em um conjunto peneiras sobrepostas que iniciou-se com a superior com diâmetro de 19,0 mm, seguido pelas demais com diâmetros de 8,0 mm, 4,0 mm e abaixo desta, uma quarta bandeja com fundo fechado. A técnica foi realizada colocando cerca de 300g de amostra de cada volumoso (SM e TA) na bandeja superior (19,0 mm) e agitando-a para frente e para trás cinco vezes para cada lado da bandeja. Posteriormente, as amostras foram pré-secas em estufa de ventilação a 55° C, após o que foi realizada a MS das duas fontes de fibras. Posteriormente, o valor de MS das amostras retidas nas peneiras foi multiplicado pelo teor de FDN dos respectivos volumosos. Para determinar a FDN_{fe}, foram somadas as concentrações retidas nas peneiras de 19,0 e 8,0 mm, e determinadas pela concentração do volume na dieta total (Tabela 1).

Avaliação do desempenho animal

As pesagens dos novilhos foram realizadas nos dias 0 (inicial), 15, 30 e 112 (final) de confinamento para determinar o peso vivo (PV) e ganho de peso total (GPT) em cada período e período total de confinamento. O ganho de médio diário (GMD) foi determinado com a divisão do ganho de peso pelos dias do período avaliado. A conversão alimentar (CA) foi determinada com a subtração do GMD pelo CMS e a eficiência alimentar (EA) pela subtração do CMS pelo GMD.

Parâmetros bioquímicos no sangue

Amostras de sangue dos 24 novilhos da raça Nelore foram coletadas dos vasos coccígeos durante a pesagem e antecedendo o abate dos bovinos. As amostras de sangue foram coletadas em tubos com EDTA e centrifugados a $2.000 \times g$ por 10 min em temperatura ambiente. O plasma foi obtido e congelado a -20°C para determinação de aspartato aminotransferase (AST em U/L), colesterol (mg/dL), creatinina (mg/dL), glicose (mg/dL) e ureia (mg/dL) sendo realizado no Laboratório de Análises Clínicas do Hospital Veterinário da FAMVZ/UFMS em Campo Grande MS.

Correlação de Pearson das variáveis de consumo, digestibilidade e desempenho animal

Para calcular as correlações de Pearson, entre as variáveis de consumo (CMS, CMO, CFDN, CFDNfe, CPB, CEE e CCNF) em kg/dia, digestibilidade (DMS, DMO, DFDN, DPB, DEE e DCNF) em g/kg, e desempenho animal (PVF, GMD, CA e EA) foram realizados por meio do protocolo estatístico PROC GLM do SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, USA) e a hipótese de nulidade (ausência de correlação) foi testada a 5% de probabilidade.

Análises estatísticas

Os resultados de consumo e desempenho animal foram analisados em delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×4 (dois volumosos x quatro períodos), com 24 repetições por tratamento. Foi testado o efeito da fonte de volumoso, período (dias) e da interação volumosos x período, através de análise de variância pelo teste F a nível de 5 % de significância. As análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico PROC

GLM do SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, USA). Para comparar as médias das variáveis e o efeito das dietas sobre o desempenho animal, considerou-se como covariável o peso vivo inicial (PVI). O modelo matemático utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} = observação referente a fonte i , período j e repetição k = média geral das observações; α_i = efeito da fonte de volumoso i (i = silagem de milho ou torta de algodão); β_j = efeito do período e j (j = 15, 30, 60 e 112 dias); $\alpha\beta$ = efeito da interação; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

Os valores de digestibilidade, pH fecal, e parâmetros sanguíneos foram analisados em delineamento experimental inteiramente casualizado com dois tratamentos, fontes de fibra, e 24 repetições. As médias foram comparadas através de análise de variância pelo teste F a nível de 5 % de significância, as análises foram realizadas utilizando-se o pacote estatístico PROC GLM do SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, USA). O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

Em que: Y_{ij} = valor observado tratamento i e na repetição j ; μ = média geral; t_i = efeito do tratamento (i = silagem de milho ou torta de algodão); e_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Adicionalmente foram estimados os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis pelo procedimento PROC CORR no SAS (SAS University Edition, Sas Institute Inc. Cary, CA, EUA).

Resultados

Consumo de matéria seca e consumo de nutrientes

Não houve interação dieta \times período ($p > 0,05$) para consumo de nutrientes (Tabela 2). O CMS foi maior ($p < 0,05$) para os bovinos alimentados com SM, cerca de 22% acima do TA (Tabela 2). O CMS em kg foi menor ($p < 0,05$) no período de adaptação do animal (0-15 dias) e não diferiu nos demais períodos (Tabela 2). Aos 0-15, 16-30 e 31-60 dias de confinamento, o CMS manteve-se em média 2,21% do PV, ao final do confinamento (31-60 a 61-112 dias) o CMS reduziu ($p < 0,05$) em cerca de 19,5% (Tabela 2).

Tabela 2. Consumo de nutrientes (g/kg de PV e %/PV) de novilhos Nelore terminados com diferentes fontes de fibra

	Dietas		Períodos (dias)				EPM	<i>p</i> -valor		
	Silagem de Milho	Torta de Algodão	0-15	16-30	31-60	61-112		dieta	período	dieta × período
CMS g/kg	10,49 ^a	8,30 ^b	8,51 ^b	9,18 ^b	10,09 ^a	9,80 ^a	0,4729	<0,0001	0,0069	0,2578
			kg/dia							
CMO	10,06 ^a	8,01 ^b	8,17 ^b	8,82 ^b	9,70 ^a	9,42 ^a	0,4535	<0,0001	0,0063	0,2627
CFDN	3,56 ^a	2,41 ^b	2,67 ^b	2,94 ^{ab}	3,20 ^a	3,12 ^{ab}	0,1881	<0,0001	0,0321	0,7102
CFDN _{fe}	1,68 ^a	1,43 ^b	1,18 ^b	1,59 ^a	1,75 ^a	1,71 ^a	0,0955	0,0005	<0,0001	0,6305
CPB	2,02 ^a	1,56 ^b	1,60 ^b	1,73 ^{ab}	1,95 ^a	1,88 ^{ab}	0,1075	<0,0001	0,0105	0,2197
CEE	0,40 ^b	0,51 ^a	0,40 ^a	0,44 ^a	0,50 ^a	0,49 ^a	0,0452	0,0006	0,1069	0,4565
CNF	4,08 ^a	3,56 ^b	3,51 ^b	3,79 ^{ab}	4,07 ^a	3,94 ^{ab}	0,2030	0,0006	0,0523	0,3760
			% do PV							
CMS	2,33 ^a	1,91 ^b	2,20 ^a	2,22 ^a	2,21 ^a	1,85 ^b	0,0906	<0,0001	0,0001	0,1684
CMO	2,23 ^a	1,84 ^b	2,11 ^a	2,13 ^a	2,13 ^a	1,78 ^b	0,0871	<0,0001	0,0001	0,1739
CFDN	0,79 ^a	0,54 ^b	0,68 ^{ab}	0,69 ^{ab}	0,70 ^a	0,59 ^b	0,0390	<0,0001	0,0208	0,2708
CFDN _{fe}	0,37 ^a	0,32 ^b	0,31 ^c	0,37 ^{ab}	0,38 ^a	0,32 ^{bc}	0,0220	0,0011	0,0014	0,4822
CPB	0,45 ^a	0,36 ^b	0,41 ^a	0,42 ^a	0,43 ^a	0,36 ^b	0,0217	<0,0001	0,0060	0,1245
CEE	0,09 ^b	0,12 ^a	0,10 ^a	0,11 ^a	0,11 ^a	0,09 ^a	0,0098	<0,0001	0,2701	0,7867
CCNF	1,57 ^a	1,37 ^b	0,91 ^c	0,92 ^c	2,21 ^a	1,85 ^b	0,0652	<0,0001	<0,0001	0,3640

Letra maiúscula para linha; EPM: erro padrão da média; CMS: consumo de matéria seca; CMO: consumo de matéria orgânica; CFDN: consumo de fibra em detergente neutro; CFDN_{fe}: consumo de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; CPB: consumo de proteína bruta; CEE: consumo de extrato etéreo; CCNF: consumo de carboidrato não fibroso; PV: peso vivo.

O consumo dos nutrientes (MO, FDN, FDNfe, PB e CNF), em kg e em % do PV, foi maior ($p < 0,05$) para os bovinos alimentados com a dieta SM, a exceção foi o CEE que foi maior ($p < 0,05$) na dieta TA (Tabela 2). O CMO em kg foi menor ($p < 0,05$) nos dois últimos períodos (31-60 e aos 61-112 dias), os CFDN, CPB e CCNF foram maiores ($p < 0,05$) aos 31-60 dias e menor no período de adaptação (0-15 dias), o CFDNfe foi menor ($p < 0,05$) no período de adaptação e não se diferenciou nos demais períodos e o CEE não teve diferença ($p > 0,05$) entre os períodos avaliados (Tabela 2).

Os CMO e CPB foram moires ($p < 0,05$) nos três primeiros períodos (0-15, 16-30 e 31-60 dias; Tabela 2). Os CFDN e CFDNfe foram maiores aos 31-60 dias de confinamento, porém o menor CFDN foi aos 61-112 dias e o menor CFDNfe foi menor aos 0-15 dias (Tabela 2). O CEE não diferenciou ($p > 0,05$) entre os períodos (Tabela 2). O CCNF foi maior ($p < 0,05$) aos 31-60 dias, seguido nos 112 dias e menor aos 15 e 30 dias (Tabela 2).

Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, pH fecal

A dieta de Sil apresentou maiores coeficientes de DMS, DMO, DFDN e DPB ($p < 0,05$), enquanto a dieta com TA tendeu a ter uma maior coeficiente de DCNF ($p = 0,09$; Tabela 3). Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) para a DEE das duas dietas (Tabela 3). Não houve efeito da fonte de fibra sobre NDT e pH fecal ($p > 0,05$), com médias de 778,82 g/kg e 5,64, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Digestibilidade da matéria seca, digestibilidade dos nutrientes e pH fecal de novilhos Nelore terminados com diferentes fontes de fibra

	Silagem de Milho	Torta de Algodão	EPM	p valor
DMS (g/kg)	761,66	723,03	5,111	<0,0001
DMO (g/kg)	780,66	741,57	6,900	<0,0001
DFDN (g/kg)	632,62	466,06	30,989	<0,0001
DPB (g/kg)	807,60	789,15	8,237	0,0355
DEE (g/kg)	736,63	737,61	47,988	0,9839
DCNF (g/kg)	883,59	915,35	17,860	0,0906
NDT (g/kg)	780,26	777,39	20,145	0,7427
pH fecal	5,61	5,67	0,071	0,5398

Letra maiúscula para linha; EPM: erro padrão da média; DMS: digestibilidade da matéria seca; DMO: digestibilidade da matéria orgânica; DFDN: digestibilidade da fibra em detergente neutro; DPB: digestibilidade da proteína bruta; DEE: digestibilidade do extrato etéreo; DCNF: digestibilidade do carboidrato não fibroso.

Desempenho dos novilhos Nelore

Não houve interação significativa entre fonte de fibra x período ($p > 0,05$) para o PC de tourinhos Nelore (Tabela 4). Houve diferença ($p < 0,05$) nos períodos iniciais (0-15 e 16-30 dias) em que o PV dos bovinos alimentados com a dieta SM foi superior (Tabela 4). Os animais dos dois tratamentos apresentaram crescimento linear ($p < 0,05$) durante o período de confinamento (0-112 dias) (Tabela 4).

Tabela 4. Desempenho animal em quilo grama (kg) de novilhos Nelore terminados com diferentes fontes de fibra

	Períodos (dias)				EPM	p-valor
	0-15	15-30	30-60	60-112		
	PV (kg)					
Silagem de Milho	396,58 ^c	425,58 ^{bc}	466,62 ^b	525,83 ^a	58,059	0,0001
Torta de Algodão	377,15 ^c	399,93 ^c	458,02 ^b	533,86 ^a	47,25	0,0001
EPM	10,672	15,472	19,137	31,954		
p-valor	0,0001	0,0001	0,1036	0,8752		0,7592*
	GPT (kg)					
Silagem de Milho	17,67 ^c	28,00 ^c	41,04 ^b	59,21 ^a	13,410	0,0001
Torta de Algodão	-1,78 ^c	26,12 ^b	58,08 ^a	75,85 ^a	19,567	0,0001
EPM	10,672	10,063	16,569	17,959		
p-valor	0,0004	0,6560	0,0226	0,0486		0,0001*
	GMD (kg/dia)					
Silagem de Milho	1,18 ^b	1,87 ^a	1,37 ^b	1,14 ^b	0,510	0,0039
Torta de Algodão	-0,12 ^b	1,74 ^a	1,94 ^a	1,46 ^a	0,685	0,0001
EPM	0,711	0,670	0,552	0,345		
p-valor	0,0004	0,6560	0,0226	0,0486		0,0001*

Letra maiúscula para linha diferem entre si pelo teste Tukey; EPM: erro padrão da média; * p-valor da interação; PV: peso vivo; GPT = ganho de peso total; GMD: ganho médio diário.

Houve interação significativa entre fonte de fibra x período ($p > 0,05$) para o GPT (Tabela 4). O GPT dos bovinos alimentados com dieta TA foi negativo em 0-15 dias de confinamento ($p < 0,05$), mas se recuperou nos períodos seguintes ($p > 0,05$), superando ($p < 0,05$) o do tratamento SM nos dois últimos períodos (31-60 e 61-112 dias). Da mesma forma, houve uma interação significativa entre fonte de fibra × período ($p < 0,05$) para GMD (Tabela 4). O GMD dos bovinos alimentados com dieta TA foi negativo ($p < 0,05$) aos 0-15 dias, recuperado ($p > 0,05$) no período seguinte (aos 15-30 dias) e foi maior nos últimos dois períodos (31-60 e 61-112 dias).

Não houve interação fonte de fibra × período ($p > 0,05$) para a CA (Figura 1). Os resultados da CA não tiveram diferença significativa ($p > 0,05$) entre a fonte de fibra e a CA no período

inicial (0-15 dias) foi maior ($p < 0,05$), independente do tratamento (Figura 1). Ao contrário, houve interação entre fonte de fibra \times período ($p > 0,05$) para EA (Figura 2). A EF dos tourinhos foi menor ($p < 0,05$) no período inicial (0-15 dias), principalmente para os animais alimentados com dieta CSC que apresentaram EF negativa neste período.

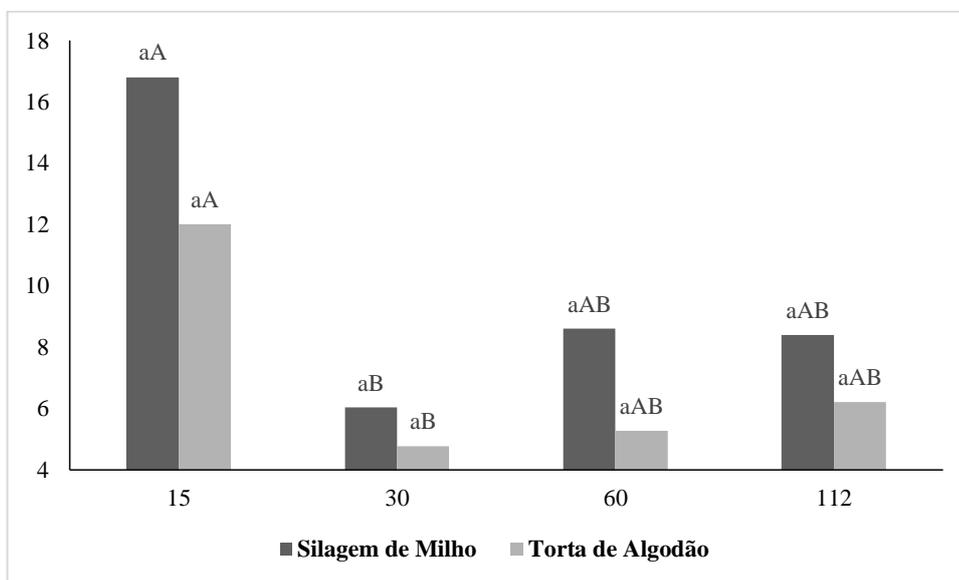


Figura 1. Conversão alimentar de novilhos Nelore terminados em confinamento com dieta com diferentes fontes de fibra.

Letras minúsculas diferença entre dietas ($p = 0,2299$), letras maiúsculas diferença entre períodos ($p = 0,0443$); interação de tratamento \times período ($p = 0,9595$).

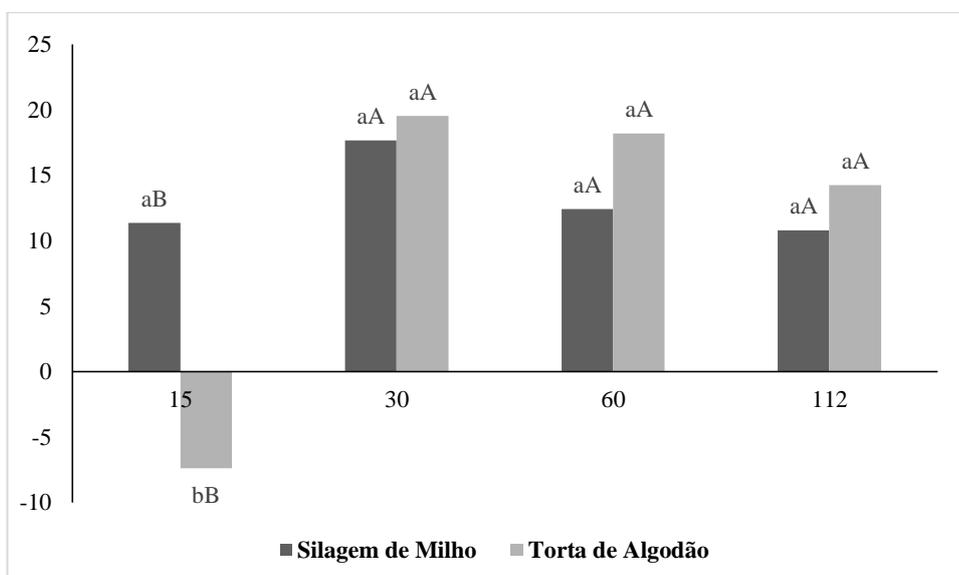


Figura 2. Eficiência alimentar de novilhos Nelore terminados em confinamento com dieta com diferentes fontes de fibra.

Letras minúsculas diferença entre dietas ($p = 0,3502$), letras maiúsculas diferença entre períodos ($p < 0,0001$); interação de tratamento \times período ($p = 0,0002$).

Parâmetros bioquímicos no sangue

Os novilhos alimentados com dieta sem forragem apresentaram cerca de 29% a mais de colesterol no sangue ($p < 0,05$) e cerca de 12% a mais de glicose no sangue ($p < 0,05$) que os animais alimentados com dieta com forragem (Tabela 5). Não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) para AST, creatina e ureia sanguínea dos animais alimentados com as duas dietas (Tabela 5).

Tabela 6. Parâmetros sanguíneos de novilhos Nelore terminados com diferentes fontes de fibra

	Silagem de Milho	Torta de Algodão	EPM	p-valor
AST (U/L)	57,42	71,13	10,0203	0,1851
Colesterol (mg/dL)	103,50	133,33	13,1598	0,0336
Creatinina (mg/dL)	1,58	1,73	0,1053	0,1685
Glicose (mg/dL)	106,17	118,92	5,7013	0,0358
Ureia (mg/dL)	46,08	45,64	2,9677	0,8817

EPM: erro padrão da média; AST: aspartato aminotransferase; U/L: milionésima por litro; mg: miligrama; dL: decilitro.

Correlação de Pearson entre as variáveis de consumo, digestibilidade e desempenho

Observou-se correlação significativa, positiva e moderada (Tabela 5) entre a CFDNfe e o GMD ($r=0,50$). A CA correlacionou-se negativamente com o GMD ($r=-0,54$) e positivamente com CMS ($r=0,61$). O CFDNfe correlacionou-se positivamente com PVF ($r=0,41$) e com GMD ($r=0,50$).

Discussão

Consumo de matéria seca e consumo de nutrientes

O maior CMS e consequentemente o maior consumo de nutrientes (CFDN, CFDNfe, CPB e CCNF) na dieta SM (Tabela 2), pode ter haver com fatores físicos da dieta. A pesar das duas dietas terem os mesmos teores de FDN, a SM pode ter proporcionado uma dieta com baixa densidade no ambiente do rúmen, o que promoveu maior enchimento ruminal e menor taxa de passagem (Mertens 1992). Em outro trabalho relacionado a este (Arcanjo et al. 2023), foi observado que a SM reteve mais partículas $\geq 19,0$ mm na *Penn State Particle Size* o que estimulou maior ruminação para os bovinos dessa dieta.

Tabela 5. Correlação de Pearson entre as variáveis de consumo, digestibilidade e desempenho.

	CMS	CMO	CFDN	CFDNfe	CPB	CEE	CCNF	DMS	DMO	DFDN	DPB	DEE	DCNF	PVF	GMD	CA	EA
CMS	1,00	0,98*	0,44*	0,82*	0,95*	0,21	0,80*	0,44*	0,40	0,40	0,28	0,20	-0,21	0,48*	0,30	0,61*	-0,65*
CMO		1,0000	0,28	0,84*	0,90*	0,17	0,78*	0,48*	0,45*	0,48*	0,24	0,17	-0,23	0,49*	0,34	0,60*	-0,63*
CFDN			1,00	0,32	0,54	0,24	0,23	-0,01	-0,02	-0,09	0,23	0,25	-0,03	0,14	-0,01	0,21	-0,25
CFDNfe				1,00	0,73*	0,28	0,44*	0,29	0,26	0,42*	0,04	0,19	-0,21	0,42*	0,50*	0,35	-0,39
CPB					1,00	0,28	0,73*	0,35	0,32	0,30	0,37	0,19	-0,19	0,36	0,22	0,57*	-0,61*
CEE						1,00	0,07	-0,36	-0,27	-0,25	-0,11	0,31	-0,06	0,24	0,08	0,04	-0,09
CCNF							1,00	0,22	0,20	0,05	0,18	0,08	-0,02	0,42*	0,18	0,50*	-0,57*
DMS								1,00	0,97*	0,85*	0,47*	-0,15	-0,21	-0,07	0,001	0,52*	-0,50*
DMO									1,00	0,82*	0,45*	-0,17	-0,13	-0,07	-0,005	0,47*	-0,48*
DFDN										1,00	0,39	-0,05	-0,56*	0,09	0,08	0,46*	-0,40
DPB											1,00	0,30	-0,40	-0,04	-0,21	0,34	-0,23
DEE												1,00	-0,35	0,27	-0,35	0,26	0,22
DCNF													1,00	-0,12	0,28	-0,47*	0,37
PVF														1,00	0,68*	-0,08	0,14
GMD															1,00	-0,54*	0,51*
CA																1,00	-0,95*
EA																	1,00

CMS: consumo de matéria seca; CMO: consumo de matéria orgânica; CFDN: consumo de fibra em detergente neutro; CFDNfe: consumo de fibra em detergente neutro fisicamente efetiva; CPB: consumo de proteína bruta; CEE: consumo de extrato etéreo; CCNF: consumo de carboidrato não fibroso; DMS: digestibilidade da matéria seca; DMO: digestibilidade da matéria orgânica; DFDN: digestibilidade da fibra em detergente neutro; DPB: digestibilidade da proteína bruta; DEE: digestibilidade da extrato etéreo; DCNF: digestibilidade da carboidrato não fibroso; PVF: peso vivo final; GMD: ganho médio diário; CA: conversão alimentar; EA: eficiência alimentar.

Já a maior o maior CEE dos novilhos alimentados com a dieta TA deve-se ao fato que esse coproduto é derivado da extração de óleo e mesmo após a prensagem e a extração por solvente ainda apresenta certa concentração de óleo residual (Abdalla et al. 2008). Silva et al. (2022) também encontrou maior CFDNfe de vacas Holandesas em lactação alimentadas com dieta com silagem de milho em relação a vacas alimentadas com coproduto da espiga do milho.

Dentre os períodos, observou-se que durante a adaptação (15 dias iniciais), os novilhos alimentados com a dieta TA tiveram menor consumo (Tabela 2), o que promoveu menor CA e EA e GMD negativos (Figura 1, Tabela 4). Tal fato demonstra que quando se utiliza coprodutos, deve-se ter uma atenção maior e criteriosa na adaptação, principalmente se tratando de animais oriundos de sistemas de recria a pasto. Entretanto, destaca-se que o uso deste coproduto facilitaria a operação de alimentação, maior aporte energético e menor custo (Ezequiel et al. 2006; Paulino et al. 2013, Arcanjo et al. 2022).

Digestibilidade da matéria seca e dos nutrientes, pH fecal

Apesar da dieta TA ter tido menor DMS, DFDN e DPB, ela tendeu a ter um maior DCNF ($p=0,09$). Que pode ser explicado pelo conteúdo interno da semente de algodão, que após a extração do óleo, pode apresentar concentrações significativas de CNF, além de PB e resíduos de lipídeos (Barducci et al. 2016; Assis et al. 2019; Couto et al. 2012). Nogueira et al. (2019) relataram que a inclusão de 30% de caroço de algodão na dieta de vacas Holandesas melhorou a DEE em 14% e diminuiu a DCNF em 9,0%. Essa diferença deve-se a natureza física de cada coproduto, a TA passou processamento que extraiu o excesso de óleo do caroço de algodão e expos a parte interna da semente promovendo maior densidade desse coproduto, o tornado mais exposto a ação microbiana e enzimática.

Carlis et al. (2021) observaram que a dieta com milho integral isenta de forragem apresentou maior DMS, DMO e NDT que as dietas com níveis crescentes de FDNfe (36, 72 e 108 g/kg) para ovinos. Getu et al. (2020) observaram que as DMS, DPB, DFDN e DFDA para vacas eram menores com aumento da inclusão (0, 33, 67 e 100%) de TA em substituição ao bagaço de cervejaria. Zhou et al. (2022) justificam que as menores DMS, DMO, DPB e DFDN é devido ao tamanho de partículas $\leq 1,18$ mm, que tendem a ter maior taxa de passagem no rúmen, o que afetaria a digestibilidade dos nutrientes, principalmente da fibra.

Arcanjo et al. (2023) observaram menores concentrações de partículas < 8 mm na TA em relação a SM, a digestibilidade *in vitro* da FDN das partículas < 8 mm da TA foram cerca de 56% inferior às da SM. Os mesmos autores relataram ainda que os novilhos alimentados com a dieta TA tiveram menor tempo de ruminação e taxa de bocado. Goulart et al. (2020b) também observaram maior tempo de mastigação e ruminação de bovinos consumindo dietas com forragem (SM e cana-de-açúcar) e dieta com inclusão de bagaço de cana-de-açúcar, em relação as dietas com inclusão de coprodutos fibrosos (TA e casaquinha de semente de soja). O que demonstra que a avaliação de *Penn State Particle Size* para coprodutos fibrosos deve ter um critério maior até que tenha uma técnica de avaliação da FDNfe mais adequada para esse tipo de alimento.

Mesmo o CFDN, CFDNfe e CCNF sendo maior na dieta SM, o pH fecal não diferenciou entre os novilhos alimentados com as duas dietas. Cunha et al. (2021) relatam um menor pH fecal matinal coletado em confinamentos bovinos de corte alimentados com dietas com $\leq 20\%$ de FDNfe que, de acordo com os autores, a provável causa da diferença é os altos teores de amido observados nesse tipo de dieta. No presente trabalho os teores de FDNfe foram cerca 18,3 e 23,1% para as dietas SM e TA, respectivamente (Tabela 1).

Desempenho dos novilhos Nelore

O melhor desempenho dos bovinos alimentados com a dieta TA ao final do confinamento pode ser justificado por essa dieta tender a ter uma melhor densidade energética, já que pode ser observado que houve um menor CMS e maiores CEE e DCNF (Van Soest 1994). Assim como no presente trabalho, Schneid et al. (2022) também encontraram maiores GMD e CA e uma tendência para maior PVF para os bovinos alimentados com dieta com caroço de algodão inteiro como fonte primária de fibra na dieta, em comparação com uma dieta com feno de pradaria e grãos secos de destilaria. Além disso, esses autores encontraram maior CMS para os bovinos alimentados com a dieta com forragem no período de inicial do confinamento (0 a 14 dias), e a relação ganho:consumo no período secundário (15 a 28 dias) e quaternário (43 a 56 dias) foram maiores para os novilhos alimentados com a dieta com caroço inteiro de algodão. Silva et al. (2022) relataram que vacas Holandesas alimentadas com dieta com coproduto da espiga de milho tiveram menores produção de gordura no leite e EA para produção de leite, que vacas alimentadas com dieta com silagem de milho como volumoso.

Parâmetros bioquímicos no sangue

Diferentemente do encontrado nesse trabalho, Schneid et al. (2022) encontraram maior concentração de ureia plasmática no sangue de bovinos alimentados com dieta com feno de pradaria, e não foi encontrada diferença nas concentrações de glicose plasmática para os bovinos alimentados com as duas dietas. Do mesmo modo, Silva et al. (2022) não encontrou diferença nas concentrações de ureia plasmática e ureia no leite de vacas alimentadas com dieta com selagem de milho e dieta com coproduto fibroso de espiga de milho. As maiores concentrações de glicose nos bovinos alimentados com dieta TA podem estar relacionadas a maior DCNF para essa dieta que possibilitou maior absorção de glicose no intestino delgado.

No estudo de Câmara et al. (2016) com ovelhas, foi observado alterações pontuais na concentração de creatina (ao 0 e 14 dias) e na atividade do AST (aos 42e 63 dias), sem que tenha desencadeado lesões hepáticas e renais por causa da presença de gossipol da TA. Esses autores relatam concentração de 3,28 mg/g de gossipol na forma livre e 0,11 mg/g de gossipol na forma ligada, presentes na TA utilizada na ração total experimental.

Conclusão

A dieta sem forragem, tendo torta de algodão como fonte de fibra em 300 g/kg MS na dieta total, promoveu melhor desempenho animal após o período de adaptação (0-30 dias), com maior ganho médio diário e ganho de peso total. Além de menor conversão e maior eficiência alimentar. O uso da torta de algodão como fibra fisicamente efetiva deve ser realizado de forma criteriosa, principalmente no período de adaptação dos bovinos a dieta de alto concentrado no confinamento.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul – FUNDECT e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Código de Financiamento 001).

Referências bibliográficas

- Abdalla AL, Silva Filho JC, Godoi AR., Carmo CA, Eduardo JLP. 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Rev Bras Zootec.* 37(spe): 260–258. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300030>
- ABIEC, Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2022. BeefREPORT: Perfil da Pecuária no Brasil. Brasília DF: ABIEC. <https://abiec.com.br/wp-content/uploads/Beef-Report-2022atualizadojun2022.pdf>
- Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G. 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol Z.* 22(6):711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- Araújo Filho, H.J., Malafaia, P., Carvalho, C.A.B., Garcia, F.Z., Souza, V.C., Ferreira, R.L., Risso, T.L. 2019. Avaliação econômica da terminação de bovinos de corte a pasto, semiconfinados ou em confinamento com dieta de alto grão. *Custos e Agronegócio.* 15:374-401.
- Arcanjo AHMA, Ítavo LCV, Ítavo CCBF, Dias AM, Difante GS, Franco GL, Longhini VZ, Gomes FK, Ali O, Santana JCS, Gurgel ALC, Candido AR, Costa CM. 2023. Effectiveness of cottonseed cake fibre included in the diet of Nellore steers finished in confinement. *New Zealand J. Agric. Res.* 66(1):1-15. <https://doi.org/10.1080/00288233.2022.2161096>
- Arcanjo AHM, Ítavo LCV, Ítavo CCBF, Franco GL, Dias AM, Difante GS, Lima EA, Santana JCS, Gurgel ALC. 2022. Cotton cake as an economically viable alternative fibre source of forage in a high-concentrate diet for finishing beef cattle in feedlots. *Trop Anim Health Prod.* 54(2):1-6. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03120-y>
- Assis DYC, Carvalho GGP, Santos EM, Oliveira FA, Araújo MLGML, Pina DS, Santos AS, Rufino LMA. 2019. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. *Ital J Anim Sci.* 18(1):124–133. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1490633>
- Barducci RS, Franzói MCS, Sarti LMN, Millen DD, Putarov TC, Perdigão A, Martins CL, Arrigoni MDB. 2016. Perfil de ácidos graxos e características da carne de bovinos Nelore confinados com diferentes fontes lipídicas protegidas. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 68(1):233-242. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-8039>

- Câmara ACL, Do Vale AM, Mattoso CRS, Melo MM, Soto-Blanco B. 2016. Effects of gossypol from cottonseed cake on the blood profile in sheep. *Trop Anim Health Prod.* 48(4):1037–1042. <https://doi.org/10.1007/s11250-016-1039-0>
- Carlis MSP, Sturion TS, Da Silva ALA, Eckermann NR, Polizela DM, De Assis RG, Souza TT, Dias Junior PCG, Vicente ACS, Santos IJ, Comelli JH, Baiva JS, Pires AV, Ferreira EM. 2021. Whole corn grain-based diet and levels of physically effective neutral detergent fiber from forage (pefNDF) for feedlot lambs: Digestibility, ruminal fermentation, nitrogen balance and ruminal pH. *Small Rumin Res.* 205:106567. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2021.106567>
- Couto GS, Silva Filho JC, Corrêa AD, Silva EA, Pardo RMP, Esteves C. 2012. Digestibilidade intestinal *in vitro* da proteína de coprodutos da indústria do biodiesel. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 64(5):1216-1222. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000500020>
- Cunha GSP, Maia MA, Fernandes LMG, Geraseev LC, Chaves AS. 2021. Physically effective fiber changes nutrient levels of total mixed ration and fecal parameters in beef feedlots. *Cienc Rural.* 51(5):1-6. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200663>
- Da Mata D, Ítavo LCV, Ítavo CCBF, Ferreira JDJ, Paulino PVR, Moraes GJ, Niwa MVG, Kozerski ND, Leal ES, Costa MCM. 2022. Ruminal responses, digestibility, and blood parameters of beef cattle fed diets without forage with different hybrids and processing of the corn. *J Anim Physiol Anim Nutr.* 106(3):1–12. <https://doi.org/10.1111/jpn.13728>
- Detmann E, Costa e Silva L F, Rocha GC, Palma MNN, Rodrigues JPP. 2021. Métodos para análise de alimentos. 2nd ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema.
- Ezequiel JMB, Galati RL, Mendes AR, Faturi C. 2006. Desempenho e características de carcaça de bovinos Nelore em confinamento alimentados com bagaço de cana-de-açúcar e diferentes fontes energéticas. *Rev Bras Zootec.* 35(5):2050-2057. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982006000700024>
- Getu K, Getachew A, Berhan T, Getnet A. 2020. Supplementary value of ensiled brewers spent grain used as replacement to cotton seed cake in the concentrate diet of lactating crossbred dairy cow. *Trop Anim Health Prod.* 52(6):3675–3683. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02404-5>
- Goulart RS, Vieira RAM, Daniel JLP, Amaral RC, Santos VP, Toledo Filho SG, Cabezas-Garcia EH, Tedeschi, LO, Nussio, LG. 2020a. 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.* 98(5):1-9. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa108>
- Goulart RS, Vieira RAM, Daniel JLP, Amaral RC, Santos VP, Toledo Filho SG, Cabezas-Garcia EH, Tedeschi LO, Nussio LG. 2020b. 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.* 98(5):1-15. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa107>
- Hocquette JF, Oury MPE, Lherm M, Pineau C, Deblitz C, Farmer L. 2018. Current situation and future prospects for beef production in Europe - A review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 31(7):1017–1035. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0196>
- Ítavo LCV, Valadares Filho SC, Silva FF, Valadares RFD, Leão M I, Cecon PR; Ítavo CCBF, Moraes EHBK, Paulino PVR. 2002. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de nutrientes em novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. *Rev Bras Zootec.* 31(3):1543-1552. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000600026>
- Ítavo LCV, Valadares Filho SC, Silva FF, Valadares RFD, Leão MI, Cecon PR; Ítavo CCBF, Moraes EHBK, Rennó, LN, Paulino PVR. 2002. Produção microbiana e parâmetros ruminais de novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. *Rev Bras Zootec.* 31(3):1553-1561. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000600027>
- Jacovaci FA, Salvo PAR, Jobim CC, Daniel JLP. 2021. Effect of ensiling on the feeding value of flint corn grain for feedlot beef cattle: A meta-analysis. *Rev Bras Zootec.* 50(2):1-8 <https://doi.org/10.37496/rbz5020200111>
- Lammers BP, Buckmaster DR, Heinrichs AJ. 1996. A Simple Method for the Analysis of Particle Sizes of Forage and Total Mixed Rations. *J Dairy Sci.* 79(5):922-928. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76442-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1)
- Mertens DR. 1992. Regulation of forage intake. In: Forage quality, evaluation and utilization. Madison, WI: American Society of Agronomy.
- Moreira FS, Oliveira MMNF, Villela SDJ, Barbosa FA, Mourthé MHF, Diniz FB. 2015. Desempenho produtivo e econômico de três grupos genéticos de bovinos recriados a pasto com suplementação e terminados em confinamento. *Arq Bras Med Vet Zootec.* 67(1):140-148. <https://doi.org/10.1590/1678-7250>

- Nogueira RGS, Perna Junior F, Pereira ASC, Rodrigues PHM. 2019. Nutrient digestibility and changes in feeding behavior of cattle fed cottonseed and vitamin E. *Sci. Agric.* 76(2):112-122. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0334>
- Owens FN, Secrist DS, Hill WJ, Gill DR. (1997). The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: a review. *J Anim Sci.* 75(3):868–879. <https://doi.org/10.2527/1997.753868x>
- Paulino PVR, Oliveira TS, Gionbeli MP, Gallo SB. 2013. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. *RCPA.* 15(2):161-172. <http://doi.org/10.15528/2176-4158/rcpa.v15n2p161-172>
- Scaglia G, Fontenot JP, Swecker Jr. WS, Corl BA, Duckett SK, Boland HT, Smith R, Abaye AO. 2012. Performance, carcass, and meat characteristics of beef steers finished on 2 different forages or on a high-concentrate diet. *The Prof Anim Sci.* 28(2):194–203. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30340-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30340-5)
- Schneid KN, Foote AP, Beck PA, Farran GL, Wilson BK. 2022. Using whole cottonseed to replace dried distillers grains plus solubles and prairie hay in finishing beef cattle rations balanced for physically effective neutral detergent fiber. *Appl Anim Sci.* 38(5):417–432. <https://doi.org/10.15232/aas.2022-02305>
- Silva WR, Carvalho FR, Silva RB, Pereira RAN, Ávila CLS, De Vries TJ, Pereira MN. 2022. Fibrous coproducts of corn and citrus as forage and concentrate sources for dairy cows. *J Dairy Sci.* 105(10):8099-8114. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-21918>
- Silvestre AM, Millen DD. 2021. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Rev Bras Zootec.* 50(7):1-25. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200189>
- Sousa DOC, Silva MVP, Vieira AR. 2022. Uso de estoque de pasto das águas na época seca do ano. In: Santos MER, Martuscello JA. São Paulo SP: Reino Editorial.
- Sniffen CJ, O'Connor JD, Van Soest PJ, Fox DG, Russell JB. 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *J Anim Sci.* 70(11):3562–3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>

- Turgeon Junior OA, Brink DR, Britton RA. 1983. Corn Particle Size Mixtures, Roughage Level and Starch Utilization in Finishing Steers Diets. *J Anim Sci.* 57(3):739–749. <https://doi.org/10.2527/jas1983.573739x>
- Valadares Filho SC, Silva LFC, Lopes SA, Prados LF, Chizzotti ML, Machado PAS, Bissaro LZ, Furtado T. 2016. BR-CORTE 3.0: Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados. Viçosa, MG: UFV. <http://dx.doi.org/10.5935/978-85-8179-111-1.2016B001>
- Valadares Filho SC, Menezes ACB, Benedeti PB, Lopes SA, Paulino MF, Silva FF. 2018. Alternativas nutricionais para terminação do nelore superprecoce. In: XI SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE/7th INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF BEEF CATTLE PRODUCTION. *Anais...* Viçosa, MG: UFV.
- Van Soest PJ. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Weiss WP, Conrad HR, St. Pierre NR. 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)
- Zebeli Q, Mansmann D, Ametaj BN, Steingäß H, Winfried Drochner W. 2010. A model to optimize the requirements of lactating dairy cows for physically effective neutral detergent fiber. *Arch Anim Nutr.* 64(4):265-278. <https://doi.org/10.1080/1745039X.2010.486603>
- Zhou J, Xue B, Hu A, Yue S, Wu M, Hong Q, Wu Y, Wang Z, Wang L, Peng Q and Xue B (2022) Effect of dietary peNDF levels on digestibility and rumen fermentation, and microbial community in growing goats. *Front Microbiol.* 13:1-20. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.950587>

ARTIGO III

Características da carcaça e da carne de tourinhos Nelore alimentados com dieta sem forragem utilizando torta de algodão como fonte de fibras

Resumo

Objetivou-se avaliar o efeito de fontes de fibras incluídas na dieta sobre as características quantitativas e qualitativas da carcaça e da carne de novilhos Nelore confinados. A torta de caroço de algodão (TA) ou a silagem de milho (SM) foram consideradas como fonte de fibra, com inclusão de 300 g/kg da matéria seca (MS) na dieta total. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e 12 repetições/tratamento. A dieta TA promoveu menor consumo de MS e maiores peso vivo final (PVF), peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça (RC). Os tourinhos Neloeres alimentados com a dieta SM tiveram maior AOL. Já as demais características quantitativas avaliadas na tipificação da carcaça não foram influenciadas pelas dietas. As dietas não influenciaram o pH da carcaça, a luminosidade (L^*), a intensidade de vermelho (a^*) e a intensidade de amarelo (b^*) da carne e gordura da carcaça. A maturação por 7 dias tendeu a promover menor força de cisalhamento e a dieta SM tendeu a ter maior b^* na carne. A composição centesimal da carne não foi influenciada pelas dietas. A dieta SM forneceu maiores concentrações de ácido C16:1, C18:1n9c, C18:3n3 e C22:2, e a dieta TA maiores concentrações de C15:0, C18:1n9t, C18:2n6c e 20:3n3. A dieta SM forneceu maiores concentrações de ácidos graxos monoinsaturados e $\omega 9$, e a dieta TA apresentou maiores concentrações de $\omega 6$ e relação $\omega 6:\omega 3$ na carne. A TA incluída na dieta sem volumoso como fonte de fibras promoveu maiores PVF, PCQ e RC, e aumenta a concentração de ácidos graxos $\omega 6$ e na relação $\omega 6:\omega 3$ na carne de novilhos terminados em confinamento.

Palavras-chave: *Bos taurus indicus* L.; coproduto; perfil de ácidos graxos; fibra fisicamente efetiva; maturação da carne.

Histórico do artigo:

Submetido em 15 de Dezembro de 2022.

Normas da *Meat Science*.

Carcass and meat characteristics of Nellore young bulls fed a diet without forage using cottonseed cake as a fiber source

Abstract

The objective was to evaluate the effect of fiber sources included in the diet on the quantitative and qualitative carcass and meat characteristics of feedlot Nellore steers. Cottonseed cake (CSC) or corn silage (CS) were considered as fiber sources, with the inclusion of 300 g/kg of dry matter (DM) in the total diet. A completely randomized design with two treatments and 12 replications/treatment was used. The CSC diet promoted lower DM intake and higher final live weight (FLW), hot carcass weight (HCW) and carcass dressing percentage (CY). The other quantitative characteristics evaluated in the carcass classification were not influenced by the diets. Diets did not influence carcass pH, lightness (L^*), red intensity (a^*) and yellow intensity (b^*) of meat and carcass fat. The maturation for 7 days tended to promote lower shear force and the CS diet tended to have higher b^* in the meat. Meat proximate composition was not influenced by diets. The CS diet provided higher concentrations of C16:1, C18:1n9c, C18:3n3 and C22:2 acid, and the CSC diet higher concentrations of C15:0, C18:1n9t, C18:2n6c and 20:3n3. The SM diet provided higher concentrations of monounsaturated fatty acids and ω_9 , and the TA diet had higher concentrations of ω_6 and $\omega_6:\omega_3$ ratio in the meat. The CSC included in the diet without roughage as a fiber source promoted higher FVP, PCQ and CY, and increased the concentration of ω_6 fatty acids and in the $\omega_6:\omega_3$ ratio in the meat of steers finished in feedlot.

Keywords: *Bos taurus indicus* L.; co-product; fatty acid profile; physically effective fiber; meat maturation

Article history:

Submitted on December 15, 2022.

Meat Science guidelines.

1. Introdução

Nas últimas duas décadas, houve maior participação dos concentrados, em detrimento dos forrageiros, na dieta total de bovinos de corte confinados (Silvestre e Millen 2021). Essas dietas apresentam maiores teores de amido e, conseqüentemente, maior disponibilidade energética (Da Mata et al., 2022). Mudanças no manejo alimentar do gado foram necessárias para obter maior eficiência produtiva e qualidade da carne (Gomes et al., 2012; Araújo et al., 2022).

O maior aporte energético na fase de terminação dos bovinos, acima das exigências de manutenção, tem a finalidade de potencializar o metabolismo de engorda (Taga et al., 2011; Araújo et al., 2022). Considerando que nesta fase, após a puberdade, há um impulso metabólico para uma maior deposição de tecido adiposo e uma redução na síntese de proteínas (NASEM 2016). Além disso, há um efeito do sistema de produção, em que bovinos terminados em confinamento tendem a apresentar carcaças com melhor acabamento e carne com mais marmoreio, características desejáveis pelo consumidor (Scaglia et al., 2012).

Dietas com alto teor de concentrado, baixo teor de fibra e tamanho de partícula inferior a 8 mm podem causar deficiência de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) (Lammers et al., 1996; Alhadas et al., 2021), que altera as atividades de ruminação, mastigação e salivação (Malafaia et al., 2011; Melo et al., 2019). Além disso, reduz a síntese de proteína microbiana e acidifica o ambiente ruminal, o que leva a distúrbios metabólicos, como acidose ruminal e timpanismo (Park et al., 2014; Alhadas et al., 2021).

Alguns coprodutos da indústria de extração de óleos vegetais têm sido utilizados para melhorar a eficácia da fibra na dieta de bovinos confinados (Goulart et al., 2020ab). A torta de algodão é um coproduto presente na alimentação de ruminantes (Santana et al., 2010; Polizel Neto et al., 2014; Assis et al., 2019; Getu et al., 2020; Goulart et al., 2020ab; Assis et al., 2020). al., 2021; Tipu et al., 2021; Arcanjo et al., 2022; Da Mata et al., 2022). Por apresentar perfil nutricional diferente das fontes forrageiras conservadas normalmente utilizadas nos confinamentos brasileiros, a torta de caroço de algodão pode alterar as características da carcaça e da carne bovina (Brito et al., 2022). Sabe-se que as oleaginosas adicionadas à dieta dos animais aumentam a concentração de ácidos graxos benéficos à saúde humana na carne ovina (Rodrigues et al., 2021), carne bovina (Ítavo et al., 2021; Brito et al., 2022) e leite bovino (Wanderley et al., 2022).

O processo de extração do óleo pode variar conforme o método e a oleaginosa, sendo que o método físico (prensagem a frio) resulta em um subproduto rico em ácidos graxos. Ítavo et

al. (2015), compararam a composição e a qualidade de diferentes tortas e farelos de oleaginosas e observaram que as tortas resultantes do processo de prensagem apresentam maiores teores de lipídios totais, praticamente o dobro do teor. Portanto, hipotetizamos que a adição de torta de caroço de algodão, que é rica em ácidos graxos insaturados quando incluída em dietas sem forragem para tourinhos Nelore confinados como fonte de fibra, poderia melhorar as características quantitativas e qualitativas da carcaça e da carne. Assim, objetivou-se avaliar as características quantitativas e qualitativas da carcaça e da carne de novilhos Nelore confinados e terminados com dieta hiperconcentrada contendo torta de algodão ou silagem de milho como fonte de fibras.

2. Material e Métodos

2.1. Local do experimento e parecer do conselho de ética em experimentação animal

Esta pesquisa foi conduzida estritamente de acordo com as recomendações do Guia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. O protocolo de pesquisa experimental foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Protocolo nº 1.181/2021).

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2020 a janeiro de 2021, totalizando 112 dias de confinamento no Setor de Confinamento de Gado de Corte da Fazenda-Escola da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), localizada no município de Terenos-MS, Brasil, que tem um clima A_w – tropical de savana com uma estação seca variando de quatro a cinco meses – de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger (Alvares et al., 2013).

As análises de qualidade da carne foram realizadas no Laboratório de Nutrição Aplicada e no Laboratório de Qualidade da Carne da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FAMEZ) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). A análise do perfil de ácidos graxos de alimentos e carnes foi realizada no Laboratório Multiuso da FAMEZ/UFMS e no Laboratório de Análise de Gases e Óleos da Faculdade de Química da UFMS, localizada no município de Campo Grande -MS, Brasil.

2.2 Delineamento experimental, animais, dieta experimental e determinação da fibra fisicamente efetiva

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos (fontes de fibra) e 12 repetições (bovinos). Vinte e quatro tourinhos da raça Nelore (*Bos taurus indicus* L.) com peso vivo inicial (PVI) médio de $377,8 \pm 43,5$ kg provenientes do rebanho da Fazenda Escola da UFMS, foram mantidos em baias individuais e alimentados individualmente. Os tratamentos consistiram de duas dietas experimentais (Tabela 1), com diferentes fontes de fibras. A silagem da planta inteira de milho (SM, *Zea mays* L.) e torta de algodão (TA, *Gossypium* spp. L.) como fontes de fibras foram adicionadas na proporção de 300 g/kg de matéria seca, em ambas as dietas.

Tabela 1
Ingredientes das dietas experimentais

	Fonte de Fibra	
	Silagem de Milho	Torta de Algodão
Silagem de Milho (g/kg de MS)	300,0	-
Torta de Algodão (g/kg de MS)	-	300,0
Milho Moído (g/kg de MS)	488,4	632,7
Farelo de Soja (g/kg de MS)	177,8	42,1
Ureia Extrusada (g/kg de MS)	17,2	8,6
Núcleo Mineral (g/kg de MS)	16,7	16,7

MS: matéria seca.

As dietas foram balanceadas para terem os mesmos teores de proteína bruta (PB) e fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) (Tabela 2). Os novilhos foram alimentados duas vezes ao dia, pela manhã (09h00) e à tarde (14h00), para consumo de aproximadamente 2,4% do PV, mais 10% para sobras de medição. Amostras dos ingredientes e das duas dietas totais foram coletadas para determinação de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), matéria orgânica (MO), PB, FDN e extrato etéreo (EE) (Tabela 2), conforme Detmann et al. (2021). Para estimar o teor de carboidratos não fibrosos (CNF), foi utilizada a equação proposta por Sniffen et al. (1992): $CNF (\%) = 100 - (FDN + PB + EE + MM)$.

A fibra fisicamente efetiva (FDNfe) das duas fontes de fibras (SM e TA) foi determinada pelo método laboratorial *Penn State Particle Separator* proposto por Lammers et al. (1996). Neste trabalho, foi considerada a FDN multiplicada pela MS das amostras retidas em bandejas com peneiras de 19 e 8 mm. A FDNfe de cada fonte de fibra presente na concentração de volumoso foi considerada para determinar a FDNfe de cada dieta total (Tabela 2).

Tabela 2

Composição química dos ingredientes e das dietas experimentais

	MS	MO	PB	FDN	FDNfe	EE	CNF
<i>Ingredientes</i>				<i>g/kg da MS</i>			
Silagem de Milho	346,9	963,0	72,0	702,2	370,24	22,0	337,0
Torta de Algodão	935,5	956,1	296,2	670,5	466,14	81,8	97,0
Milho Moído	921,4	988,5	90,0	263,0	-	31,8	723,0
Farelo de Soja	941,5	928,4	480,0	164,1	-	3,9	276,0
Ureia extrusada	961,0	995,7	2029,7	32,5	-	31,6	218,0
Núcleo Mineral*	990,0	-	-	-	-	-	-
<i>Dietas</i>				<i>g/kg da MS</i>			
Silagem de Milho	738,0	953,9	185,8	368,8	182,8	23,4	507,0
Torta de Algodão	911,5	959,9	183,5	374,7	230,9	45,1	500,0

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDNfe = fibra e detergente neutro fisicamente efetiva, CNF = carboidrato não fibroso. *Núcleo Mineral: 75 g/kg Na, 30 g/kg P, 200 g/kg Ca, 30 g/kg Mg, 20 g/kg S, 1500 mg/kg Zn, 500 mg/kg Cu, 300 mg/kg Mn, 20 mg/kg Co, 40 mg/kg I, 13 mg/kg Se, 13 mg/kg Cr, 400 mg/kg Fe, 1300 mg/kg virginiamicina

2.3 Abate, tipificação das carcaças e coleta de amostras

Ao final do período experimental de confinamento (112 dias), os animais foram submetidos a jejum de 24 hs e encaminhados para abate em frigorífico comercial. As carcaças foram identificadas individualmente, seccionadas longitudinalmente, pesadas e resfriadas a 2°C por 24 hs. O rendimento de carcaça quente (RCQ) em função do peso da carcaça quente (PCQ) e do peso vivo final (PVF) em jejum dos animais ($PCQ/PVF \times 100$) foi calculado de acordo com Silva et al. (2021).

Após um período de 24 hs de resfriamento da carcaça, a metade esquerda da carcaça de cada bovino foi avaliada quanto às medidas de acabamento, comprimento e profundidade, maturidade fisiológica, conformação, área de olho de lombo (AOL), distribuição de gordura, espessura de gordura subcutânea (EGS), pH da carcaça, cor e gordura da carne, conforme descrito por Gomes et al. (2021).

Para o escore final foi adotada uma adaptação ($\pm 0,33$ variação) com a escala de observação da distribuição e quantidade de gordura subcutânea na altura da 6^a, 9^a e 12^a costelas da seguinte forma: Ausente ($1,0 \pm 0,33$), Rara ($2,0 \pm 0,33$), Mediana ($3,0 \pm 0,33$), Uniforme ($4,0 \pm 0,33$) e Excessiva ($5,0 \pm 0,33$).

As medidas de profundidade interna e externa da meia carcaça foram realizadas utilizando as distâncias entre as bordas craniais da sínfise isquiopúbica e a primeira costela; entre a borda inferior do canal medular na altura entre a 5^a e 6^a vértebras torácicas até as bordas do esterno tomadas interna ou externamente à carcaça, respectivamente.

Para determinar o escore de maturidade fisiológica, foi realizado com a observação da ossificação das cartilagens presentes nas vértebras torácica, lombar e sacral, além da cor e formato das costelas e da cor da carne, Foi utilizada uma escala de pontos dividida em classes de A a E (- 0+), onde: onde A corresponde a um bovino com idade entre 9 a 30 meses, B: 30 a 42 meses, C: 42 a 72 meses, D: 72 meses a 96 meses e E: acima de 96 meses.

A conformação da carcaça foi avaliada em ordem crescente de musculosidade com variação (+ 0 -) que foram convertidas em valores numéricos, onde: Convexo com valores de 15 a 13; Subconvexo de 12 a 10; Retilíneo de 9 a 7; Subretilíneo de 6 a 4 e côncavo de 3 a 1.

Após terminação e avaliações de conformação, o músculo *Longissimus* foi seccionado entre a 12^a e 13^a costelas, expondo a área de olho de lombo (AOL), Posteriormente, o contorno das AOL foi desenhado em papel vegetal, que foram lidos em um medidor de área foliar LI-3100C (Li-Cor Inc., LI, EUA). O grau de marmoreio foi avaliado a partir de escores fotográficos específicos, com variação (- 0 +), no corte transversal do músculo *Longissimus* (entre a 12^a e 13^a costelas). As escalas fotográficas foram colocadas próximas ao corte para avaliação e, a seguir, o valor da escala que mais se aproximasse do marmoreio observado.

O pH da carcaça foi medido usando um medidor de pH portátil equipado com sondas específicas de penetração na carcaça, modelo HI99163 (Hanna Instruments, Woonsocket, EUA). Avaliaram-se os aspectos instrumentais de cor da carne e da gordura subcutânea do músculo *Longissimus* 24 horas *post mortem*; usando um colorímetro MiniScan XE Plus (HunterLab, Reston, EUA) programado para medir os parâmetros do sistema CIELab: luminosidade (L^*) que é uma medida da luz refletida (100 = branco, 0 = preto); intensidades de vermelho (a^*) que mede vermelho positivo e verde negativo; e amarelo (b^*) mede amarelo positivo e azul negativo. A média resultante das medidas realizadas em três pontos amostrais foi anotada.

A espessura da gordura subcutânea (SFT) foi medida com paquímetro digital, a partir da borda adjacente à coluna vertebral do animal, em que: < 1,0 mm ausência de gordura, 1 a 3 mm de gordura escassa, 3 a 6 mm de gordura mediana, 6 a 10 mm gordura uniforme e gordura excessiva > 1,0 mm.

Para a distribuição da gordura no traseiro foram consideradas três classes, subdivididas em subclasses (- 0 +) descritas por Gomes et al, (2021), em que: 1 representa a parte traseira com má distribuição de gordura; 2 representa uma distribuição intermediária, e 3 é a melhor, onde todos os cortes do traseiro são cobertos por gordura.

2.4 Composição centesimal do músculo Longissimus

Os teores de proteína, umidade e cinzas musculares foram determinados de acordo com AOAC (2000). A proteína foi determinada pelo método *Kjeldahl* com uma etapa de digestão em solução de ácido sulfúrico e mistura catalítica, destilação e titulação em solução de ácido clorídrico. A MS foi determinada por meio de secagem por 12 h em estufa a 105°C e posteriormente as amostras foram submetidas à incineração em mufla a 600°C por 4 h para determinar o teor de cinzas. O teor de gordura intramuscular (EE) foi quantificado de acordo com AOAC (2009), utilizando um sistema de extração automática (ANKOM XT15 Extractor, ANKOM Technology, Macedon, USA), e consistindo em duas etapas: primeiro, preparação da amostra por secagem em estufa para 15 h a 105°C e segundo, extração com éter de petróleo em alta temperatura e pressão. A MO da carne foi determinada subtraindo-se o teor de cinzas da MS.

2.5 Avaliação da qualidade da carne maturada

Duas amostras de músculo de 2,5 cm de espessura foram identificadas, embaladas e congeladas a -20°C após 24 hs de maturação. Outras duas amostras foram submetidas à maturação por sete dias (7 ds) a 4°C e posteriormente armazenadas a -20°C para determinação de pH, cor (L^* , a^* e b^*), perdas por cozimento, força de cisalhamento e índice de fragmentação miofibrilar.

As perdas por exsudação e cozimento foram determinadas de acordo com as normas da AMSA (2016), As amostras foram descongeladas em câmara fria a 2,0°C ($\pm 2,0$) por 24 hs antes dos procedimentos de análise. Antes de retirar os bifes da embalagem, das amostras de 24 hs e 7 ds de maturação, pesou-se o exsudato. Posteriormente, foram medidos o pH na região central do bife e as cores (L^* , a^* e b^*) dos bifes maturados (24 hs e 7 ds) (Gomes et al, 2021). A calibração do medidor de pH foi realizada usando dois tampões com pH 4,01 e 7,0. A compensação de temperatura na faixa de -5 a 105 °C no dispositivo de medição é automática,

Em seguida, os bifes foram assados em forno elétrico a 163°C (Layr, modelo Crystal, com resistências superior e inferior, São Paulo, Brasil). A temperatura interna foi monitorada com termopares (Taylor, modelo 1478-21, Ohio, EUA), inseridos no centro geométrico das amostras e retirados da estufa quando atingiam 71°C. A perda por cozimento foi determinada como a

diferença entre o peso da amostra antes do cozimento e o peso após o resfriamento à temperatura ambiente.

Antes da análise da força de cisalhamento, as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente, até que a temperatura dos bifes atingisse cerca de 23°C, em seguida foram seladas em filme plástico e armazenadas em geladeira (2 a 5°C) por 24 horas. Posteriormente, os bifes foram assados em forno elétrico a 163°C (Layr, modelo Crystal, com resistências superior e inferior, São Paulo, Brasil). A temperatura interna foi monitorada com termopares (Taylor, modelo 1478-21, Ohio, EUA), inseridos no centro geométrico das amostras e retirados da estufa quando atingiam 71°C. Após a retirada do forno, foram imediatamente pesados para determinação das perdas por cozimento. Posteriormente, foram retiradas seis subamostras (1,27 cm), no sentido da fibra muscular, de cada amostra com um chumbador de metal adaptado a uma furadeira elétrica de bancada (© Schulz Pratika). A força de cisalhamento foi determinada em um analisador de textura (CT3 Warner Bratzler, Brookfield Engineering, EUA) e a força de cisalhamento das amostras foi calculada pela média obtida de seis subamostras.

2.6 Perfil de ácidos graxos dos ingredientes e carnes

A extração de lipídios dos ingredientes (milho, farelo de soja, CSC e CS) e da carne foi pelo método de Bligh e Dyer (1959), utilizando uma mistura metanol-clorofórmio em rotavaporação, a 35°C a 12 rpm por 15 minutos. A extração e avaliação dos lipídios totais foram realizadas com hexano e isopropanol na proporção de 3:2. Na transesterificação de ácidos graxos utilizando solução metanólica de metóxido de sódio.

A análise do perfil de ácidos graxos dos ingredientes (Tabela 3) e da carne, foi realizada por cromatografia gasosa de alta eficiência. Foi utilizado um cromatógrafo a gás equipado com uma coluna capilar SP-2560 com comprimento de 100 m e diâmetro de 0,25 mm acoplado a um detector de ionização de chama.

2,7 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o protocolo PROC GLM do pacote estatístico SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc, Cary, CA, EUA). Para comparar as médias das variáveis e o efeito das dietas, o PVI foi considerado como covariável. O teste F foi utilizado a 0,05 de significância. O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta (X - X_{ij}) + e_{ij}$$

Onde: Y_{ij} é o valor observado no tratamento i e na repetição j ; μ é a média geral; t_i é o efeito do tratamento (i é silagem de milho ou torta de algodão); $\beta (X - X_{ij})$ é o efeito da covariável (PVI); e e_{ij} é o erro aleatório associado a cada observação.

Tabela 3

Perfil de ácidos graxos (mg/100g de gordura) de rações e dietas hiperconcentradas com diferentes fontes de fibras para bovinos em confinamento

	Milho Moído	Farelo de Soja	Silagem de Milho	Torta de Algodão
C14:0	1,0	-	-	-
C16:0	16.280,0	20.640,0	15.320,0	12.580,0
C17:0	-	-	-	1.830,0
C17:1	-	-	4,0	-
C18:0	2.720,0	3.820,0	860,0	-
C18:1n6	-	51.230,0	-	-
C18:1n9	23.740,0	16.580,0	7.750,0	8.580,0
C18:2n6	45.910,0	-	17.640,0	30.410,0
C18:3n3	2.390,0	4.820,2	17.810,0	2.820,0
C18:3n6	-	-	6.23,0	-
C20:3n3	-	-	1.080,0	-
<i>Não identificados</i>	8.959,0	2.910,0	33.280	43.790,0

3. Resultados

Os animais que receberam a dieta TA apresentaram menor CMS e maiores PVF, PCQ e RC ($P < 0,05$). Os tourinhos Nelores alimentados com a dieta SM tiveram maior AOL ($p < 0,05$), já as características quantitativas avaliadas na tipificação da carcaça (acabamento, comprimento, profundidade interna e externa e conformação) não foram influenciadas pelas dietas ($p > 0,05$; Tabela 4).

A composição centesimal (MS, cinzas, MO, proteína e gordura) do músculo *Longissimus* de novilhos Nelore não foi influenciada ($P > 0,05$) pelas dietas (Tabela 5). Não houve interação ($P > 0,05$) entre as fontes de fibra e o tempo de maturação (24 hs e 7 ds) para perdas de exsudato, perdas por cozimento e para as características qualitativas avaliadas no músculo *Longissimus* (Tabela 6). A força de cisalhamento tendeu a um valor menor ($p = 0,0545$) para maior tempo de maturação da carne, cerca de 7,27 N versus 8,49 N para 7 ds e 24 h de maturação, respectivamente. A dieta SM tendeu a ter maior intensidade amarelo (b^*) ($p = 0,0637$), 9,45 versus 8,57 para SM e TA, respectivamente.

Tabela 4

Características quantitativas e qualitativas de carcaças de novilhos Nelore alimentados com dieta hiperconcentrada com diferentes fontes de fibras para bovinos confinados

	Fonte de Fibra		EPM	p-valor
	Silagem de Milho	Torta de Algodão		
Consumo de Matéria Seca (kg/dia)	10,5	8,8	0,60	0,0090
Peso vivo final (kg)	525,8	535,7	31,49	0,0001
Peso de carcaça quente (kg)	288,4	299,5	18,65	0,0001
Rendimento de carcaça (%)	54,9	56,0	2,06	0,0001
Comprimento da Carcaça (mm)	3,3	3,3	0,24	0,8961
Comprimento da Carcaça (cm)	133,4	133,0	3,42	0,9043
Profundidade interna (cm)	45,0	44,2	1,09	0,4619
Profundidade Externa (cm)	51,7	50,6	1,16	0,3489
Maturidade Fisiológica (meses)	21,5	19,7	3,25	0,5918
Conformação (pontuação)	9,8	8,7	0,63	0,0938
Área do Olho de Lombo (cm ²)	76,5	68,6	2,73	0,0090
Marmorização (pontuação)	9,0	8,5	1,87	0,8110
Distribuição de gordura (pontuação)	2,3	1,9	0,25	0,2037
Espessura de gordura subcutânea (mm)	6,9	7,5	0,95	0,5402
pH	6,2	6,2	0,09	0,6951
<i>Cor do Musculo Longissimus</i>				
<i>L*</i>	39,7	38,1	2,33	0,5184
<i>a*</i>	21,3	21,0	1,57	0,8572
<i>b*</i>	11,0	10,7	0,77	0,7886
<i>Cor da gordura do músculo Longissimus</i>				
<i>L*</i>	69,6	68,7	2,05	0,6556
<i>a*</i>	10,5	10,2	1,51	0,8585
<i>b*</i>	13,9	12,7	0,84	0,1524

EPM = erro padrão da média; *L** = luminosidade; *a** = intensidade do vermelho; *b** = intensidades amarelas

Tabela 5

Composição química e características qualitativas do músculo *Longissimus* de novilhos Nelore alimentados com dieta hiperconcentrada com diferentes fontes de fibras para bovinos confinados

	Fonte de Fibra		EPM	p-valor
	Silagem de Milho	Torta de Algodão		
Matéria Seca (g/kg)	244,9	228,2	9,64	0,0974
Cinzas (g/kg)	8,7	8,3	0,58	0,5661
Matéria Orgânica (g/kg)	236,2	220,6	9,49	0,1134
Proteína (g/kg)	213,6	204,56	15,79	0,5730
Gordura (g/kg)	22,5	24,1	6,24	0,8065

EPM = erro padrão da média

A carne de tourinhos alimentados com dieta SM apresentou maiores concentrações ($P < 0,05$) de C16:1, C18:1n9c, C18:3n3 e C22:2. Ao contrário, a carne de tourinhos alimentados com a dieta TA apresentou maiores concentrações ($P < 0,05$) de C15:0, C18:2n6c e 20:3n3. A carne de tourinhos alimentados com a dieta SM apresentou maiores concentrações de ácidos graxos monoinsaturados e $\omega 9$, enquanto a dieta TA apresentou maiores concentrações de $\omega 6$ e relação $\omega 6:\omega 3$ (Tabela 7).

Tabela 6

Características qualitativas do músculo *Longissimus* com 24 horas e 7 dias de maturação de tourinhos Nelore alimentados com dieta com silagem de milho ou torta de algodão como fonte de fibra.

	Silagem de Milho		Torta de Algodão		SEM	<i>p</i> -fibra × maturação	<i>p</i> -fibra	<i>p</i> -maturação
	24 horas	7 dias	24 horas	7 dias				
Perdas por exsudado (g)	49,27	59,84	46,09	51,64	6,0297	0,6800	0,3506	0,1883
Perdas por cozimento (g)	270,19	254,91	241,06	254,91	11,3258	0,1956	0,2159	0,9735
Força de cisalhamento (N)	8,59	7,33	8,39	7,20	0,6179	0,9526	0,7876	0,0545
IFM	81,35	78,68	80,15	82,49	1,9841	0,2135	0,5154	0,9359
pH	5,85	5,88	5,94	5,92	0,0735	0,9890	0,3848	0,7203
<i>L</i> *	34,87	36,43	34,40	35,38	0,8786	0,7446	0,3911	0,1550
<i>a</i> *	14,81	14,42	14,53	14,30	0,3126	0,7846	0,5193	0,3311
<i>b</i> *	9,44	9,40	8,41	8,72	0,4465	0,7046	0,0637	0,7646

EPM = erro padrão da média; IFM: índice de fragmentação miofibrilar; *L** = luminosidade; *a** = intensidade do vermelho; *b** = intensidades amarelas

Tabela 7

Perfil de ácidos graxos (mg/100g de gordura) do músculo *Longissimus* de novilhos Nelore alimentados com dieta hiperconcentrada com diferentes fontes de fibras para bovinos em confinamento

	Fonte de Fibra		EPM	p-valor
	Silagem de Milho	Torta de Algodão		
C10:0	37,7	23,1	0,083	0,0929
C12:0	49,4	40,2	0,090	0,3243
C13:0	57,6	25,1	0,182	0,0907
C14:0	2598,0	2556,9	1,857	0,8271
C15:0	252,1	351,7	0,343	0,0086
C16:0	24,269,1	24,062,0	7,530	0,7858
C16:1	2841,2	2236,0b	1,759	0,0025
C17:0	535,2	933,7	0,892	0,0002
C17:1	236,0	238,5	0,310	0,9287
C18:0	13,264,8	14,083,5	6,289	0,2070
C18:1n9c	38,896,8	28,746,6	14,719	0,0088
C18:1n9t	165,0	6,061,8	0,719	0,0001
C18:2n6c	5,556,7	9,207,7	11,501	0,0044
C18:2n6t	142,8	157,2	0,410	0,9287
C18:3n3	305,5	220,9	0,367	0,0309
C18:3n6	62,2,	63,5	0,183	0,9476
C20:0	197,4	229,2	0,159	0,0586
C20:1	102,8	108,3	0,239	0,8141
C20:2	50,3	75,3	0,105	0,0276
C20:3n3	1,0	72,9	0,261	0,0109
C20:3n6	307,0	499,1	0,961	0,0590
C20:4n6	1,386,2	1,543,7	3,162	0,6236
C20:5n3	229,5	241,0	0,377	0,7639
C21:0	220,1	158,1	0,421	0,1576
C22:0	5,1	1,5	0,033	0,2845
C22:2	12,4	0,0	0,058	0,0463
C22:6n3	84,4	88,0	0,160	0,8212
C23:0	0,9	0,0	0,009	0,3502
C24:0	41,9	36,3,	0,103	0,5914
Ácidos graxos saturados	41,529,0	42,502,0	11,269	0,3980
Ácidos graxos monoinsaturados	42,242,0a	37,392,0b	15,623	0,0054
Ácidos graxos poli-insaturados	8,137,0	11,156,0	18,067	0,1090
ω 3	535,0	535,0	0,822	0,9990
ω 6	74,55b	114,71a	14,855	0,0133
ω 9	39,062,0a	34,808,0b	14,719	0,0088
ω 6: ω 3	1,451,0b	2,251,0a	2,299	0,0023
<i>Não identificados</i>	7,968,3	7,902,3	5,965	0,9130

EPM = erro padrão da média, ω = ômega

4. Discussão

A TA como fonte de fibra promoveu maior desempenho animal, apesar de apresentar menor CMS do que a dieta SM. O CMS determina os níveis de ingestão de nutrientes do animal, algumas forragens com baixa digestibilidade e alto teor de fibras podem reduzir o CMS devido a sua baixa taxa de degradação no rúmen e passagem pelo trato gastrointestinal, podendo causar enchimento ruminal (Chizzotti et al., 2005). Além de ser fonte de fibras, a TA apresenta teores satisfatórios de PB, proteína não degradada ruminal (PNDR) e lipídios, sendo considerada fonte de FDNfe (Couto et al., 2012, Barducci et al., 2016, Goulart et al., 2020ab), o que pode explicar o melhor desempenho dos bovinos alimentados com a dieta TA.

O acabamento da carcaça, profundidade interna e externa, maturidade fisiológica e conformação são considerados adequados segundo Gomes et al. (2021). Os animais que consumiram a dieta SM apresentaram AOL 11,4% maior que os alimentados com a dieta TA. Barducci et al. (2016) não observaram diferenças na AOL de bovinos terminados com fonte de gordura protegida natural considerando torta de caroço de algodão, gordura protegida comercial (Megalac-E®) e sem fonte de gordura protegida.

A carne apresentou menor grau de marmoreio, sem que tenha efeito pela dieta. Miyaki et al. (2022) encontraram cerca de metade dos resultados de marmoreio (4,7) do presente estudo, ao avaliar dietas com oleaginosas para tourinhos Nelore terminados em confinamento. Esses valores estão de acordo com o esperado, pois a presença de gordura intramuscular em bovinos Zebu (*Bos taurus indicus* L.) é muito pequena, além de sua deposição ocorrer mais tardiamente que a gordura subcutânea (Taga et al., 2011).

A luminosidade (L^*), a intensidade de vermelho (a^*) e a intensidade de amarelo (b^*) do músculo da carcaça e da gordura subcutânea não diferiram entre as dietas. Esses achados são próximos aos de Miyaki et al. (2022) que avaliaram carcaças de tourinhos Nelore alimentados com a inclusão de 70 g/kg de EE na dieta total, na forma de oleaginosas (semente de soja, caroço de algodão e semente girassol). Animais terminados a pasto apresentam coloração mais intensa da carne e principalmente da gordura, devido ao maior consumo de forragem rica em carotenoides (Scaglia et al., 2012), o que pode estar relacionado à qualidade da fibra da TA.

As perdas por descongelamento (exsudato) e cozimento não foram alteradas pela fonte de fibra, provavelmente porque também não teve efeito sobre a EGS. Da mesma forma, Leketa et al. (2019) também não observaram diferenças nas perdas por exsudato e cozimento na carne de cabritos Saanen alimentados com dietas com diferentes fontes proteicas, dieta com mistura de

oleaginosas (soja, torta de girassol e torta de algodão) versus dieta com feno de leucena e torta oleaginosa (torta de girassol e torta de algodão).

A força de cisalhamento foi 14% menor aos sete dias de maturação. Provavelmente, a maturação promoveu uma redução na força de cisalhamento por quebrar as fibras musculares e enfraquecer as conexões miofibrilares. Essa redução se deve ao aumento da atividade de enzimas proteolíticas no músculo, principalmente calpaína e calpastatina (Wright et al., 2018; Bhat et al., 2018). Eiras et al. (2016) observaram uma diminuição na força de cisalhamento com tempos de maturação mais longos (24 hs, 7 ds e 14 ds).

A composição muscular dos animais das duas dietas não diferiu. Assis et al. (2022) também não encontraram alterações na umidade, proteína ou lipídios totais na carne de cabras mestiças Boer alimentadas com níveis de substituição de farelo de soja por TA (0, 33%, 66% e 100%). No entanto, Eiras et al. (2016) observaram redução no teor de lipídios com maior inclusão (33%) e maior umidade com a inclusão de 27% de casca de algodão na dieta de novilhos mestiços ($\frac{1}{2}$ Simental \times $\frac{1}{2}$ Nelore).

As maiores concentrações de ácido linoleico (C18:2n6) foram encontradas na carne de novilhos alimentados com a dieta TA, e as maiores concentrações de ácido oleico (C18:1n9) nos animais alimentados com a dieta SM. Esses resultados se devem à maior presença desses ácidos graxos nas respectivas fontes de fibras. Da mesma forma, Miyaki et al. (2022) observaram maior concentração de C18:1n9 na carne de animais que não foram alimentados com oleaginosas. Além disso, Rodrigues et al. (2022) encontraram maior concentração de C18:2n6c no músculo *Longissimus* de ovinos alimentados com caroço de algodão em comparação aos alimentados com grão de soja e sem oleaginosas. Machado Neto et al. (2015) encontraram maior concentração de C18:2n6 no caroço de algodão e maior concentração de C18:1n9 na silagem de milho e no grão de soja, o que promoveu maior concentração de C18:2n6, e observou-se menor concentração de C18:1n9 na carne de bovinos alimentados com caroço de algodão.

Em revisão de diversos estudos avaliando a qualidade da carne, Van Elswyk e McNeill (2014) observaram que o ácido ω 6-linoleico (18:2n6), é o principal ácido graxo detectado na carne de novilhos terminados a pasto e em confinamento. No entanto, a dieta pode alterar as concentrações de ω 3 na carne, conforme citado por Elswyk e McNeill (2014). O ácido ω 3-linolênico (18:3n3) varia de 16 a 26 mg/g de gordura em vários cortes magros para bovinos terminados a pasto versus 4 a 13 mg/g de gordura para bovinos terminados em grãos. Os

mesmos autores também relataram que a carne de novilhos terminados a pasto contém 30 a 70% menos ácidos graxos monoinsaturados do que os terminados em grãos. Assim, a quantidade total de ácidos graxos poliinsaturados na carne de gado alimentado com capim/fორragem pode ser até 75 mg menor do que o gado alimentado com grãos. Nossos resultados mostraram maior concentração de ácido linoleico, de ácidos graxos poliinsaturados, $\omega 6$ e na relação $\omega 6:\omega 3$ na carne de animais alimentados com torta de caroço de algodão como fonte de fibras. Ao contrário, Cama-Moncunill et al. (2021) observaram que a carne de bovinos terminados alimentados com forragem apresentou maiores concentrações de ácidos graxos poliinsaturados e $\omega 3$, e os alimentados com concentrado apresentaram maior teor de $\omega 6$ e maior relação $\omega 6:\omega 3$ na carne.

Nossas descobertas estão diretamente ligadas à qualidade da carne em benefício da saúde humana. Portanto, podemos confirmar a hipótese de que o consumo da TA, rica em ácidos graxos poliinsaturados, melhora a qualidade do produto final. O aumento do consumo de ácidos poliinsaturados proporciona uma diminuição significativa dos níveis de colesterol e tem ações positivas para aumentar os níveis de tocoferol, além de melhorar a sensibilidade à insulina (Lin et al., 2013, Souza et al., 2020).

5. Conclusão

A fonte de fibra altera o perfil de ácidos graxos da carne. A torta de caroço de algodão como fonte de fibra incluída na dieta sem forragem aumenta a concentração de ácidos graxos poliinsaturados e ácidos graxos $\omega 6$ na carne de tourinhos terminados em confinamento. A torta de algodão pode ser incluída nas dietas sem forragem para melhorar a qualidade da carcaça e da carne de bovinos confinados.

6. Declaração de Interesse Concorrente

Os autores declaram não haver conflito de interesses. Os financiadores não tiveram nenhum papel no desenho do estudo; na coleta, análise ou interpretação de dados; na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados.

7. Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Processo nº 150305/2022-2) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES (Código de Financiamento 001).

8. Referências

- Alhadas, H. M., Valadares Filho, S. C., Silva, F. F., Silva, F. A. S., Pucetti, P., Pacheco, M. V. C., Silva, B. C., & Tedeschi, L. O. (2021). Effects of including physically effective fiber from sugarcane in whole corn grain diets on the ingestive, digestive, and ruminal parameters of growing beef bulls. *Livestock Science*, 248, 104508. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104508>.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>
- AMSA. (2016). AMSA Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. Champaign, USA: American Meat Science Association.
- AOAC. (2000). AOAC Official methods of analysis Moisture content. 930.15. Protein content in meat. 976.05. Nitrogen in Meat Kjeldahl. Mineral matter. 942.05 (13th ed., Method. 928.08). Gaithersburgh, USA: AOAC.
- AOAC. (2009). AOAC Methods and recommended practices of the AOCS. Ether Extract. Am 5-04. American Oil Chemists Society. Gaithersburg, USA: AOAC.
- Araújo, T. L. A. C., Feijó, G. L. D., Neves, A. P., Nogueira, É., Oliveira, L. O. F., Gomes, M. N. B., Egito, A. A., Ferraz, A. L. J., Menezes, G. R. O., Latta, K. I., Ferreira, J. R., Vieira, D. G., Pereira, E.S., & Gomes, R.C. (2022). Effect of genetic merit for backfat thickness and paternal breed on performance, carcass traits, and gene expression in subcutaneous

adipose tissue of feedlot-finished steers. *Livestock Science*, 263, 104998.

<https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.104998>

Arcanjo, A. H. M., Ítavo, L. C. V., Ítavo, C. C. B. F., Franco, G. L., Dias, A. M., Difante, G. S., Lima, E. A., Santana, J. C. S., & Gurgel, A. L. C. (2022). Cotton cake as an economically viable alternative fiber source of forage in a high-concentrate diet for finishing beef cattle in feedlots. *Tropical Animal Health and Production*, 54, 112.

<https://doi.org/10.1007/s11250-022-03120-y>

Assis, D. Y. C., Carvalho, G. G. P., Santos, E. M., Oliveira, F. A., Araújo, M. L. G. M. L., Pina, D. S., Santos, A. S., & Rufino, L. M. A. (2019). Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. *Italian Journal of Animal Science*, 18, 124–133.

<https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1490633>

Assis, D. Y. C., Oliveira, F. A., Santos, E. M., Gouvêa, A. A. L., Carvalho, B. M. A., Nascimento, C. O., Cirne, L. G. A., Pina, D. S., Pires, A. J. V., Alba, H. D. R., & Carvalho, G. G. P. (2021). Carcass and meat traits of goats fed diets containing cottonseed cake.

Archives Animal Breeding, 64, 395–403. <https://doi.org/10.5194/aab-64-395-2021>

Barducci, R. S., Franzói, M. C. S., Sarti, L. M. N., Millen, D. D., Putarov, T. C., Perdigão, A., Martins, C. L., & Arrigoni, M. D. B. (2016). Fatty acids and meat characteristics of feedlot Nellore cattle with different protected fat sources. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 68, 233–242.

<https://doi.org/10.1590/1678-4162-8039>

Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., & Bekjit, A. E. D. A. (2018). Role of calpain system in meat tenderness: A review. *Food Science and Human Wellness*, 7, 196–204.

<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.08.002>

Bligh, E. G., & Dyer, W. J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911–917.

<https://doi.org/10.1139/o59-099>

- Brito, T. R. R., Valeriano, H. H. C., Ítavo, L. C. V., Duarte, M. T., Pereira, M. W. F., Corrêa, S. M., Miyagusku, L., Araújo, T. L. A. C., Ítavo, C. C. B. F., Gomes, R. C., & Gomes, M. N. B. (2022). Effect of including oilseed grains in bovine diets on fatty acid profile, lipid stability, and sensory aspects of burgers. *Frontiers in Veterinary Science*, 9, 923937. <https://doi.org/10.3389/fvets.2022.923937>
- Cama-Moncunill, R., Moloney, A. P., Röhrle, F. T., Luciano, G., & Monahan, F. J. (2021). Canonical discriminant analysis of the fatty acid profile of muscle to authenticate beef from grass-fed and other beef production systems: Model development and validation. *Food Control*, 122, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107820>
- Chizzotti, M. L., Valadares Filho, S. C., Leão, M. I., Valadares, R. F. D., Chizzotti, F. H. M., Magalhães, K. A., & Marcondes, M. I. (2005). Partial replacement of elephantgrass silage with cottonseed hulls. 1. Intake, degradability, and apparent ruminal, intestinal, and total tract digestibilities in steers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 34, 2093–2102. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000600035>
- Couto, G. S., Silva Filho, J. C., Corrêa, A. D., Silva, E. A., Pardo, R. M. P., & Esteves, C. (2012). Intestinal protein digestibility of by-products from biodiesel industry. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 64, 1216–1222. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000500020>
- Culler, R. D., Parrish Jr, F. C., Smith, G. G., & Cross, H. R. (1978). Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine Longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 43, 1177–1180. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1978.tb15263.x>
- Da Mata, D. G., Ítavo, L. C. V., Ítavo, C. C. B. F., Ferreira, J. D. J., Paulino, P. V. R., Moraes, G. J., Niwa, M. V. G., Kozerski, N. D., Leal, E. S., & Costa, M. C. M. (2022). Ruminal responses, digestibility, and blood parameters of beef cattle fed diets without forage with

- different hybrids and processing of the corn. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 106, 1–12. <https://doi.org/10.1111/jpn.13728>
- Detmann, E., Costa e Silva, L. F., Rocha, G. C., Palma, M. N. N., & Rodrigues, J. P. P. (2021). Métodos para análise de alimentos. 2ed. Visconde do Rio Branco, BRA: Suprema.
- Eiras, C. E., Ornaghi, M. G., Valero, M. V., Rivaroli, D. C., Guerrero, A., & Prado, I. N. (2016). How does the dietary cottonseed hull affect the carcass characteristics and meat quality of young bulls finished in a high concentrate diet? *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 38, 301–310. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i3.32149>
- Getu, K., Getachew, A., Berhan, T., & Getnet, A. (2020). Supplementary value of ensiled brewers spent grain used as replacement to cotton seed cake in the concentrate diet of lactating crossbred dairy cow. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 3675–3683. <https://doi.org/10.1007/s11250-020-02404-5>
- Gomes, M. N. B., Feijó, G. L. D., Duarte, M. T., Silva, L. G. P., Surita, L. M. A., & Pereira M. W. F. (2021). Manual de avaliação de carcaças bovinas. Campo Grande, Brazil. Editora UFMS. <https://repositorio.ufms.br/handle/123456789/3865>
- Gomes, R. C., Sainz, R. D., Silva, S. L., César, M. C., Bonin, M. N., & Leme, P. R. (2012). Feedlot performance, feed efficiency reranking, carcass traits, body composition, energy requirements, meat quality and calpain system activity in Nellore steers with low and high residual feed intake. *Livestock Science*, 150, 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.09.012>
- Goulart, R. S., Vieira, R. A. M., Daniel, J. L. P., Amaral, R. C., Santos, V. P., Toledo Filho, S. G., Cabezas-Garcia, E. H., Tedeschi, L. O., & Nussio, L. G. (2020a). Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets: comparison of methods to measure the effectiveness of fiber. *Journal of Animal Science*, 98, 1–9. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa108>

- Goulart, R. S., Vieira, R. A. M., Daniel, J. L. P., Amaral, R. C., Santos, V. P., Toledo Filho, S. G., Cabezas-Garcia, E. H., Tedeschi, L. O., & Nussio, L. G. (2020b). Effects of source and concentration of neutral detergent fiber from roughage in beef cattle diets on feed intake, ingestive behavior, and ruminal kinetics. *Journal of Animal Science*, 98, 1–15. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa107>
- Ítavo, L. C. V., Soares, C. M., Ítavo, C. C. B. F., Dias, A. M., Petit, H. V., Leal, E. S., & Souza, A. D. V. (2015). Calorimetry, chemical composition and *in vitro* digestibility of oilseeds. *Food Chemistry*, 185, 219–225. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.007>
- Ítavo, L. C. V., Ítavo, C. C. B. F., Dias, A. M., Gomes, M. B. N., Silva, A. G., Leal, E. S., Pereira, M. W. F., Pereira, C. S., & Santos, G. T. (2021). Lipid rich diet from sunflower seeds can alter the proportion of fatty acids on hybrid Beefalo × Nellore cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 162. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02615-4>
- Lammers, B. P., Buckmaster, D. R., & Heinrichs, A. J. (1996). A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. *Journal of Dairy Science*, 79, 922–928. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(96\)76442-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(96)76442-1)
- Leketa, K., Hassen, A., Donkin, E. F., & Akanmu, A. M. (2019). Substitution of *Leucaena* hay for oil seed cake meal in total mixed rations for goats. *South African Journal of Animal Science*, 49, 934–943. <http://dx.doi.org/10.4314/sajas.v49i5.17>
- Lin, L., Allemekinders, H., Dansby, A., Campbell, L., Durance-Tod, S., Berger, A., & Jones, P. J. (2013). Evidence of health benefits of canola oil. *Nutrition Reviews*, 71, 370–385. <https://doi.org/10.1111/nure.12033>
- Machado Neto, O. R., Chizzotti, M. L., Ramos, E. M., Oliveira, D. M., Lanna, D. P. D., Ribeiro, J. S., Lopes, L. S., Descalzo, A. M., Amorim, T. R., & Ladeira, M. M. (2014). Fatty acid profile and meat quality of young bulls fed ground soybean or ground cottonseed and vitamin E. *Animal*, 9, 362–372. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002377>

- Malafaia, P., Barbosa, J. D., Tokarnia, C. H., & Oliveira, C. M. C. (2011). Behavioral disturbances in ruminants not associated with disease: origin, significance and importance. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 31, 781–790. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2011000900010>
- Melo, A. H. F., Marques, R. S., Gouvêa, V. N., Souza, J., Batalha, C. D. A., Basto, D. C., Millen, D. D., Drouillard, J. S., & Santos, F. A. P. (2019). Effects of dietary roughage neutral detergent fiber levels and flint corn processing method on growth performance, carcass characteristics, feeding behavior, and rumen morphometrics of *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 97, 3562–3577. <https://doi.org/10.1093/jas/skz197>
- Miyaki, S., Ítavo, L. C. V., Duarte, M. T., Valeriano, H. H. C., Pereira, M. W. F., Araújo, T. L. A. C., Ítavo, C. C. B. F., Gomes, R. C., & Bonin, M. N. (2022). The effect of dietary oilseeds on physic-chemical characteristics, fatty acid profile and sensory aspects of meat of young zebu cattle. *Food Science and Technology*, 42, e21421. <https://doi.org/10.1590/fst.21421>
- NASEM, National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Eighth Revised Edition: Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>
- Park, J. H., Kim, K. H., Park, P. J., Jeon, B. T., Oh, M. R., Jang, S. Y., Sung, S. H., & Moon, S. H. (2014). Effects of physically effective neutral detergent fiber content on dry-matter intake, digestibility and chewing activity in beef cattle fed total mixed ration. *Animal Production Science*, 55, 166–169. <https://doi.org/10.1071/AN14241>
- Polizel Neto, A., Roça, R. O., Branco, R. H., Bonilha, S. M. F., Andrade, E. N., Corvino, T. L. S., & Gomes, H. F. B. (2014). Animal performance, feeding 102olstein and carcass traits of feedlot cattle diet fed with agro-industrial by-product as fat source. *Journal of Agricultural Science*, 6, 54–65. <https://doi.org/10.5539/jas.v6n6p54>

- Rodrigues, B. J., Ítavo, C. C. B. F., Ítavo, L. C. V., Gomes, M. N. B., Difante, G. S., Arco, T. F. F. S., Gurgel, A. L. C., Higano, L. M., Godoy, C., Miguel, A. A. S., Souza, G. V., Luz, R. C. S., & Brixner, B. M. (2022). The lipid source can modify saturated and unsaturated fatty acids profile of meat of lambs. *Food Science and Technology*, 42, e91721. <https://doi.org/10.1590/fst.91721>
- Santana, D. F. Y., Lira, M. A., Santos, M. V. F., Ferreira, M. A., Santos, D. C., Mello, A. C. L., Dubeux Júnior, J. C. B., & Araújo, G. G. L. (2010). Dry matter intake and performance of Girolando and Guzerá heifers and Guzerá under supplementation in caatinga, during the rainy season, in Pernambuco, Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 2148–2154. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010001000007>
- Scaglia, J. P., Fontenot, J. P., Swecker Jr, W. S., Corl, B. A., Duckett, S. K., Boland, H. T., Smith, R., & Abaye, A. O. (2012). Performance, carcass, and meat characteristics of beef steers finished on 2 different forages or on a high-concentrate diet. *The Professional Animal Scientist*, 28, 194–203. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30340-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30340-5)
- Silva, M. G. T., Costa, M. G., Medeiros, M. C., Difante, G. S., Azevedo, P. S., Gurgel, A. L. C., Emerenciano Neto, J. V., Veras, E. L. L., & Ítavo, L. C. V. (2021). Use of spineless cactus associated with legume hay in the feedlot-finishing of lambs in semi-arid regions. *Plos One*, 16, e0261554. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261554>
- Silvestre, A. M., & Millen, D. D. (2021). The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 50, 1–25. <https://doi.org/10.37496/rbz5020200189>
- Sniffen, C. J., O'Connor, J. D., Van Soest, P. J., Fox, D. G. & Russell, J.B. (1992). A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, 70, 3562–3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>.

- Souza, C. S., Moreira, J. A., Silva, N. R., Marinho, A. L., Costa, C. V. S., Souza, J. G., Teixeira, E. N. M., & Aguiar, E. M. (2020). Enrichment diets of pigs with oil blends and its effects on performance, carcass characteristics and fatty acid profile. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 72, 1000–1008. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11106>
- Taga, H., Bonnet, M., Picard, B., Zingaretti, M. C., Cassar-Malek, I., Cinti, S., & Chilliard, Y. (2011). Adipocyte metabolism and cellularity are related to differences in adipose tissue maturity between 104olstein and charolais or Blond d'aquitaine fetuses. *Journal of Animal Science*, 89, 711–721. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3234>
- Tipu, M. A., Khalique, A., Naveed-ul-Haque, M., Shahid, M. Q., Akhtar, M., & Ilyas, M. (2021). Effect of feeding calcium propionate supplemented cotton seed cake on milk yield, milk composition and aflatoxin concentration in lactating buffaloes *Tropical Animal Health and Production*, 53, 285. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02740-0>
- Van Elswyk, M. E., & McNeill, S. H. (2014). Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: the U.S. experience. *Meat Science*, 96, 535–540. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.010>
- Wanderley, A. M., Ítavo, L. C. V., Santos, G. T., Ítavo, C. C. B. F., Dias, A. M., Difante, G. S., Gurgel, A. L. C., Cunha, C. S., Mateus, R. G., Cardoso, C. A. L., & Oliveira, M. V. M. (2022). Sources of polyunsaturated fatty acids from oilseeds in dairy cows diets can alter yield of and fatty acid profile in milk. *Food Science and Technology*, 42, e119021. <https://doi.org/10.1590/fst.119021>
- Wright, S. A., Ramos, P., Johnson, D. D., Scheffler, J. M., Elzo, M. A., Mateescu, R. G., Bass, A. L., Carr, C. C., Scheffler, T. L. (2018). Brahman genetics influence muscle fiber properties, protein degradation, and tenderness in an Angus-Brahman multibreed herd. *Meat Science*, 135, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.09.006>

ARTIGO IV

Torta de algodão como alternativa economicamente viável a fibra de forragem em dieta de alto concentrado para terminação de bovinos de corte em confinamento

Resumo

A torta de algodão pode ser uma alternativa sustentável e economicamente viável à silagem de milho como fonte efetiva de fibra na dieta de terminação de bovinos de corte em confinamento. Assim, objetivou-se avaliar a viabilidade econômica e o desempenho produtivo de novilhos Nelore terminados em confinamento utilizando torta de algodão como fonte de fibra em substituição à silagem de milho na dieta. Foram utilizados 24 novilhos Nelore não castrados, com peso médio de 377,8 kg e idade aproximada de 24 meses, mantidos em baias individuais. A dieta foi composta por 30% de volumoso, na forma de silagem de milho, e dieta sem forragem contendo 30% de torta de algodão como fonte de fibra, baseada na matéria seca. O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado com dois tratamentos e 12 repetições. Efeitos ($p < 0,05$) da fonte de fibra dietética foram observados para peso vivo final (PVF), ganho de peso total (GMD), peso de carcaça quente (PCQ) e rendimento de carcaça (RC). A receita e a margem líquida foram maiores para o tratamento com torta de algodão. A dieta com silagem de milho promoveu maiores custos totais por animal (US\$ 408,41 vs. US\$ 336,06) e custos diários (US\$ 3,65 vs. US\$ 3,00). Maiores diferenças foram observadas entre as fontes de fibra para o custo do concentrado, sendo que a dieta com silagem de milho teve um custo US\$ 98,29 maior que o tratamento com torta de algodão (US\$ 314,04 vs. US\$ 215,75). O tratamento torta de algodão teve uma margem líquida maior de US\$ 106,98/animal. A torta de algodão é uma alternativa viável e pode ser utilizada como fonte de fibra em dietas isentas de forragem sem afetar o desempenho produtivo, promovendo benefícios no desempenho econômico de novilhos de corte em terminação em confinamento.

Palavras chave: Coproduto · Algodão · Dieta sem forragem · Custos com alimentação · Ganho de peso

Cotton cake as an economically viable alternative fibre source of forage in a high-concentrate diet for finishing beef cattle in feedlots

Abstract

Cotton cake can be a sustainable and economically viable alternative to maize silage as an effective fibre source in the finishing diet of feedlot beef cattle. Thus, the objective was to evaluate the economic viability and the productive performance of Nellore steers finished in feedlots using cotton cake as a source of fibre, replacing maize silage in the diet. Twenty-four non-castrated Nellore steers, with an average weight of 377.8 kg and an age of approximately 24 months, kept in individual pens, were used. The diet was 30% roughage, in the form of maize silage, and a diet without forage containing 30% cotton cake as an effective fibre source, based on dry matter. The design used was completely randomised with two treatments and 12 replications. Effects ($p < 0.05$) of the dietary fibre source were observed for final body weight (BW), total weight gain, hot carcass weight (HCW) and carcass yield (CY). Revenue and net margin were higher for the treatment with cotton cake. The corn silage diet promoted higher total costs per animal (U\$ 408.41 vs. U\$ 336.06) and daily costs (U\$ 3.65 vs. U\$ 3.00). Greater differences were observed between fibre sources for the concentrate cost, and the maize silage diet had a cost U\$ 98.29 higher than the treatment with cotton cake (U\$ 314.04 vs. U\$ 215.75). The cotton cake treatment had a higher cost of U\$106.98/animal for the net margin. Cotton cake is a viable alternative and can be used as a source of fibre in forage-free diets without affecting production performance, promoting benefits in economic performance for finishing beef steers in feedlots.

Keywords Co-product · Cotton · Diet without forage · Feeding costs · Weight gain

Introdução

A pecuária de corte brasileira é realizada principalmente a pasto, resultando em baixos custos de produção e vantagens competitivas no mercado internacional. No entanto, nos últimos anos, com a expansão das lavouras de grãos, algodão e cana-de-açúcar sob áreas de pastagens, houve pressão para a adoção de tecnologias para melhorar a eficiência da produção pecuária (Hocquette et al. 2018). O número de bovinos de corte tem gradativamente aumentou, enquanto as áreas de pastagem e a idade ao abate diminuíram (IBGE 2017; ABIEC 2020).

Uma das tecnologias utilizadas para otimizar o sistema de produção bovina é o confinamento, pois promove maior ganho de peso por animal, melhora a conversão alimentar, aumenta a precocidade ao abate e melhora o acabamento da carcaça e a qualidade da carne (Greenwood 2021). Em 2019, cerca de 6,09 milhões de bovinos e bubalinos provenientes de sistemas de confinamento foram abatidos, representando cerca de 14,1% do rebanho abatido (ABIEC 2020). No entanto, os custos da terminação em confinamento são muito superiores aos da terminação a pasto, pois esse sistema é altamente dependente de insumos como concentrados e forragens conservadas (Lima et al. 2017).

Nos últimos anos, tem aumentado a utilização de grãos, principalmente o milho, em detrimento da participação da forragem nas dietas de confinamento. Isso não só pelo melhor desempenho dessa dieta, mas também pelos altos custos de produção, armazenamento e distribuição de volumosos no confinamento (Paulino 2018). A silagem de milho é a principal forragem utilizada em dietas nos confinamentos brasileiros (Pinto e Millen 2016), exigindo equipamentos e mão de obra especializada, além de áreas de plantio e infraestrutura para armazenamento da silagem (Borreani et al. 2018).

A forragem é uma importante fonte de fibra para manter a saúde do rúmen, pois a fermentação dos concentrados, principalmente os ricos em amido, pode resultar em alta produção de ácidos graxos, principalmente lactato e propionato, que podem promover a queda do pH ruminal, causando acidose (McDonald et al. 2011). Alguns coprodutos da agroindústria têm potencial para substituir, em parte ou totalmente, a forragem como fonte de fibra para ruminantes (Purbowati et al. 2021).

O Brasil é o quinto maior produtor de algodão do mundo e, segundo a Companhia Nacional de Abastecimento do Brasil (CONAB 2021), foram produzidas aproximadamente 2,7 milhões de toneladas de caroço de algodão na safra 2020–2021. A maior parte do caroço de algodão é destinada à produção de biodiesel. A cadeia produtiva do algodão gera como principal

subproduto a casca de algodão, com potencial para utilização em dietas para ruminantes (Eiras et al. 2016), e a torta de algodão, que é um subproduto proveniente da extração de ésteres e glicerina após a transesterificação de caroço de algodão pela indústria de biocombustíveis (Abdalla et al. 2008).

A utilização da torta de algodão como concentrado protéico na dieta de ruminantes já está bem estabelecida em países tropicais (Assis et al. 2019; Getu et al. 2020; Tipu et al. 2021). Além disso, a torta de algodão tem potencial para ser utilizada como fonte de fibra, pois possui cerca de 34,5% de fibra em detergente neutro (FDN), o que favorece a atividade ruminal em bovinos confinados. Além disso, contém cerca de 25 a 30% de proteína bruta (PB) sobre a matéria seca (MS) e 8 a 10% de extrato etéreo (EE), que varia de acordo com o método utilizado para o método do óleo, permitindo sua utilização em dietas balanceadas ricas em concentrado (Valadares Filho et al. 2016).

A utilização da torta de algodão como fonte de fibra na dieta de a bovinocultura de corte em confinamento pode ser uma alternativa econômica para regiões produtoras de algodão. Assim, foi levantada a hipótese de que a dieta com torta de algodão como fonte de fibra pode ser uma alternativa sustentável e economicamente viável à silagem de milho na dieta de terminação de bovinos de corte em confinamento. Nesse contexto, este estudo avaliou a viabilidade econômica do uso da torta de algodão como fonte de fibra em substituição à silagem de milho na dieta de alto concentrado para terminação de tourinhos Nelore em sistema de confinamento.

Materiais e métodos

O experimento foi conduzido no período de outubro de 2020 a janeiro de 2021, totalizando 112 dias, no Confinamento de Gado de Corte da Fazenda Escola da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, localizada no município de Terenos, na longitude 20° 26' 43,9" S e longitude 54°50'44,2" O. Segundo Alvares et al. (2013), o clima é *Aw* — tropical de savana — com estação seca variando de 3 a 5 meses.

Foram utilizados 24 novilhos Nelore (*Bos taurus indicus* L.) não castrados, com peso vivo inicial (PVI) médio de $377,8 \pm 2,2$ kg e idade média de 24 meses. Todos os animais eram do rebanho da Fazenda Escola da UFMS, onde passaram pela recria durante a estação seca em uma

pastagem de capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf) sob lotação intermitente e suplementação mineral proteica energética.

Foram formuladas duas dietas, uma com 300 g/kg de silagem de milho (*Zea mays* L.; tratamento silagem) como volumoso e outra sem forragem de volumoso, contendo 300 g/kg de torta de algodão (*Gossypium* spp. L.) como fonte de fibra (tratamento de torta de algodão). Os novilhos foram distribuídos entre os tratamentos e mantidos em baias individuais de 80 m² sendo 20 m de comprimento e 4 m de largura, tendo acesso a comedouros individuais de concreto com 2,5 m lineares e bebedouros de concreto com capacidade para 1000 litros de água.

As dietas foram formuladas para serem isoprotéicas e isoenergéticas, com cerca de 180 g/kg de proteína bruta (PB), 270,0 g/kg de fibra em detergente neutro (FDN) e 770 g/kg de nutrientes digestíveis totais (NDT), estimados pelo método fórmula descrita por Cappelle et al. (2001): $NDT (\%) = 910,246 - 5,71588 \times NDF(g/kg)$. A composição química dos ingredientes (Tabela 1) foi determinada de acordo com Detmann et al. (2021). As concentrações e os preços médios de mercado dos ingredientes das duas dietas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 1 Composição química dos ingredientes das dietas experimentais

	MS	MO	PB	FDN	EE	CNF
Silagem de milho	346,9	963,0	72,0	702,2	22,0	337,0
Torta de algodão	935,5	956,1	262,0	670,5	81,8	97,0
Milho moído	921,4	988,5	90,0	263,0	31,8	723,0
Farelo de soja	941,5	928,4	480,0	164,1	3,9	276,0
Ureia Extrusada	961,0	995,7	2029,7	32,5	31,6	218,0

MS, matéria seca; PB, proteína bruta ($N \text{ total} \times 6,25$); FDN, fibra em detergente neutro; NFC, carboidrato não fibroso

O concentrado foi preparado misturando milho moído, farelo de soja, ureia extrusada e núcleo mineral em misturador industrial para ração concentrada (modelo MIN-P-300 Incomagri[®], Itapira, SP, Brasil). As fontes de fibra das dietas de silagem de milho ou torta de algodão foram adicionadas à dieta total no momento da alimentação diária e oferecidas como ração total mista.

A ureia extrusada utilizada foi Starea-200S (Pajoara[®] LTDA, Campo Grande, MS, Brasil). O processo de produção da ureia extrusada consiste na complexação da ureia com uma molécula de amido gelatinizado, utilizando pressão, temperatura e humidade, obtendo-se assim a amiréia, com uma proteína bruta equivalente a cerca de 200%, composta por ureia pecuária, grão de

milho moído e farinha de enxofre nas proporções de 700, 268 e 32 g/kg, respectivamente (Kozerski et al. 2021).

Tabela 2 Dietas experimentais

Ingrediente	Fonte de Fibra		US\$/kg
	Silagem de Milho	Torta de Algodão	
Silagem de milho (g/kg)	30	-	0,03
Torta de algodão (g/kg)	-	30	0,22
Milho moído (g/kg)	488,4	632,7	0,20
Farelo de soja (g/kg)	177,8	42,1	0,46
Ureia Extrusada (g/kg)	17,2	8,6	0,66
Núcleo Mineral (g/kg)*	16,7	16,7	0,53

*Núcleo Mineral: 75 g/kg Na, 30 g/kg P, 200 g/kg Ca, 30 g/kg Mg, 20 g/kg S, 1500 mg/kg Zn, 500 mg/kg Cu, 300 mg/kg Mn, 20 mg/kg Co, 40 mg/kg I, 13 mg/kg Se, 13 mg/kg Cr, 400 mg/kg Fe, 1300 mg/kg virginiamicina

Ao final do período experimental, os animais foram abatidos em abatedouro comercial, sendo o peso da carcaça quente (PCQ) e o rendimento da carcaça (RC) determinados conforme Gomes et al. (2021): $RC = (PCQ/PVF) \times 100$. O ganho de peso total (GPT) foi calculado pela seguinte equação: $GPT = PVF - PVI$.

A média de insumos gastos na alimentação dos novilhos foi calculada com a ração utilizada (dieta total, fonte de fibra e concentrado) dividida por 112 dias, pelo % de PV e kg de ganho de peso dos animais. A análise econômica considerou o valor do equivalente carcaça no momento do abate (US\$ 46,72). Assim, a receita por animal (US\$) foi obtida multiplicando-se o valor do equivalente carcaça e o valor da carcaça do animal: $Receita = PCQ \times US\$$.

Para o cálculo dos custos de produção, consideramos os gastos com concentrados através dos gastos mensais com insumos, gastos com fontes de fibras (silagem de milho ou torta de algodão), considerando o custo de produção da silagem de milho e aquisição da torta de algodão (Tabela 2); despesas com mão de obra, considerando o valor de US\$ 6,77/dia (US\$ 189,63/28 dias) para os funcionários tratarem os 12 animais por tratamento, um para o tratamento da torta de algodão e dois para o tratamento da silagem. Dois funcionários foram considerados para o tratamento com silagem de milho, pois o uso de volumoso na forma de silagem exige mais mão de obra para descarregamento do silo e mistura e alimentação dos animais (Paulino et al. 2013).

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com 2 tratamentos (dietas) e 12 repetições/tratamentos (bovinos). Os dados foram submetidos à análise de variância usando o comando PROC GLM do pacote estatístico SAS (SAS University Edition, SAS Institute Inc. Cary, CA, EUA). Para comparar as médias das variáveis e o efeito das dietas, consideramos o

PVI como uma covariável. Foi utilizado o teste F com significância de 0,05. O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta (X - X_{ij}) + e_{ij}$$

Onde Y_{ij} é o valor observado no tratamento i e na repetição j ; μ é a média geral; t_i é o efeito do tratamento (i é silagem de milho ou torta de algodão); $\beta (X - X_{ij})$ é o efeito da covariável (peso vivo inicial); e e_{ij} é o erro aleatório associado a cada observação.

Resultado

Houve efeito ($p < 0,05$) da fonte de fibra dietética (silagem de milho vs. torta de algodão) nas características de desempenho de novilhos terminados em confinamento alimentados com dietas ricas em concentrado (Tabela 3). As médias de PVF foram 525,8 e 535,7 kg, os GMD foram 1,3 e 1,4 kg/dia, os GPT foram 145,9 e 160,1 kg, os PCQ foram de 288,4 e 299,5 kg, e o RC foi de 54,8 e 55,1%, para dietas com silagem de milho e torta de algodão, respectivamente (Tabela 3). Destaca-se a maior diferença de 9,7% para a torta de algodão, como fonte de fibra, em relação à característica GPT.

Tabela 3 Desempenho de novilhos Nelore terminados em confinamento alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta

	Fonte de Fibra		EPM	p-valor
	Silagem de Milho	Torta de Algodão		
PVF (kg)	525,8	535,7	31,49	0,0001
GMD (kg/animal/dia)	1,3	1,4	31,49	0,0001
GPT (kg/animal)	145,9	160,1	31,49	0,0001
PCQ (kg)	288,4	299,5	18,65	0,0001
RC (%)	54,9	56,0	2,06	0,0001

PVF, peso vivo final; *GMD*, ganho médio diário; *GPT*, ganho de peso total; *RC*, rendimento de carcaça; *EPM*, erro padrão da média

Houve efeito da fonte de fibra para a dieta total oferecido aos animais (Tabela 4), sendo que o tratamento com silagem de milho apresentou maior uso de insumos (13,0 kg de MS/animal/dia). Além disso, a oferta alimentar da dieta com silagem de milho foi maior ($p < 0,05$) que a da dieta com torta de algodão, considerando a relação com o peso corporal dos animais (% PV), promovendo menor ($p < 0,05$) relação dieta:ganho de peso (7,9 kg MS/kg GPD) para animais que receberam torta de algodão como fonte de fibra.

Tabela 4 Ração total, fonte de fibra e concentrado oferecidos a novilhos Nelore terminados em confinamento alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta

	Fonte de Fibra		EPM	p-valor
	Silagem de Milho	Torta de Algodão		
<i>kg de MS/dia</i>				
Dieta total	13,0	11,3	1,30	0,0001
Fonte de fibra	3,9	3,5	9,7	0,0001
Concentrado	9,1	7,8	0,95	0,0001
<i>% do PV</i>				
Dieta total	2,9	2,5	0,23	0,0001
Fonte de Fibra	0,9	0,8	0,06	0,0001
<i>kg de MS/GMD</i>				
Dieta total	10,0	7,8	0,02	0,0001
Fonte de fibra	3,0	2,5	0,05	0,0001

MS, matéria seca; PV, peso vivo; GMD, ganho médio diário; EPM, erro padrão da média

A receita bruta e a margem líquida por animal foram maiores para o tratamento com torta de algodão como fonte de fibra (Tabela 5). A dieta com silagem de milho apresentou maior custo total por animal (US\$ 408,41 vs. US\$ 336,06) e, conseqüentemente, maior custo diário (US\$ 3,65 vs. US\$ 3,00). A dieta com silagem de milho apresentou custo com concentrado de US\$ 98,29 superior ao tratamento com torta de algodão (US\$ 314,04 vs. US\$ 215,75) (Tabela 5). Destaca-se a superioridade de US\$ 106,98/animal para a margem líquida do tratamento com torta de algodão na dieta.

Tabela 5 Receita, custos e margem líquida de novilhos Nelore terminados em confinamento alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta

	Fonte de Fibra		Δ
	Silagem de Milho	Torta de Algodão	
Equivalente carcaça (kg/animal)	288,3	299,6	11,2
Receita (US\$/animal)	898,31	932,94	34,63
Receita diária (US\$/dia)	8,02	8,33	0,31
Despesas com alimentação e serviços			
Concentrado (US\$/animal)	314,04	215,75	-98,29
Fonte de fibra (US\$/animal)	31,15	88,70	57,55
Mão de obra (US\$)	63,22	31,61	-31,61
Custo por animal (US\$/animal)	408,41	336,06	-72,35
Custo diário (US\$/dia)	3,65	3,00	-0,65
Custo equivalente carcaça (US\$/animal)	318,75	525,45	-66,30
Rentabilidade			
Margem líquida (US\$/animal)	489,90	596,88	106,98
Margem líquida diária (US\$/dia)	4,37	5,33	0,96
Margem líquida equivalente carcaça (US\$/animal)	382,35	448,35	66,00

Δ, diferença entre tratamentos (torta de algodão – silagem de milho)

Discussão

As diferenças significativas observadas (Tabela 3) para a dieta sem forragem, contendo torta de algodão como fonte de fibra, influenciaram diretamente o desempenho produtivo de novilhos em terminação em confinamento (Tabela 3). Os animais que receberam torta de algodão como fonte de fibra apresentaram as maiores taxas de GMD. Esses resultados podem ser explicados por uma melhor conversão alimentar da dieta contendo torta de algodão, pois as quantidades de ração oferecidas foram menores e os animais apresentaram maior ganho diário. Muito provavelmente, isso ocorreu porque a torta de algodão é rica em proteínas que podem ser fermentadas no rúmen (798,7 g/kg; Valadares Filho et al. 2016). A dieta com torta de algodão proporcionou aumento da proteína degradada do rúmen, refletida no GMD.

Ao contrário, Arroquy et al. (2018) não encontraram diferenças no desempenho produtivo de bovinos mestiços Braford alimentados com dieta de alto concentrado (89%) com substituição parcial (33 e 66%) e total de forragem (feno de alfafa) por resíduo de lavoura de algodão como fonte de fibra no total dieta. Polizel Neto et al. (2014) também não encontraram diferenças no desempenho produtivo de novilhos Nelore utilizando dietas incluindo torta de algodão em até 42,2% na MS. Além disso, Eiras et al. (2016) avaliaram a inclusão de casca de caroço de algodão (210, 270 e 330 g/kg de MS) na dieta de touros mestiços (1/2 Simental × 1/2 Nelore) em confinamento, não encontraram diferença nos resultados de desempenho de dos animais (peso de abate e rendimento de carcaça).

Segundo Valadares Filho et al. (2016), a torta de algodão apresenta 374,7 g/kg de FDN fisicamente efetiva e 842,4 de NDT; em contraste, a silagem de milho contém 499,5 g/kg de FDN e 638,4 g/kg de NDT, indicando seu alto valor nutricional como fonte de fibra. Isso apoia a hipótese de que a torta de algodão é uma alternativa eficaz de fonte de fibra às silagens em dietas para bovinos em confinamento, mantendo o ambiente ruminal estável por estimular a ruminação.

O maior valor de US\$ 106,98/boi na margem líquida para o tratamento com torta de algodão como fonte de fibra na dieta pode ser justificada pelos menores gastos com mão de obra e insumos (Tabela 3). Este fato foi citado por Paulino et al. (2013), que indicaram que dietas sem forragem podem ser mais eficazes e viáveis, pois permitem menores custos de mão de obra. O manejo operacional da dieta com silagem pode exigir maior atividade de mão de obra para recolher a silagem no silo e misturar a ração total, ao contrário da torta de algodão, que pode ser armazenada na própria instalação e misturada diretamente na ração total,

juntamente com o concentrado. Além disso, o treinamento de mão de obra para a execução de tarefas relacionadas à confecção e manejo da silagem é um desafio para os gestores de sistemas de confinamento de bovinos (Bellingeri et al. 2019). Polizel Neto et al. (2014) destacaram que como ingrediente com menor custo de aquisição, a torta de algodão reduziu o custo de ganho em 0,25 US\$/kg em relação a um subproduto de soja.

Diferenças significativas foram observadas quanto ao uso de insumos (Tabela 4). Os animais que receberam dieta com torta de algodão como fonte de fibra tiveram melhor desempenho (Tabela 3) do que os que receberam silagem de milho na dieta, mas consumiram maiores quantidades de forragem e concentrado.

Os resultados sugerem que a torta de algodão como fonte de fibra não forrageira é uma alternativa economicamente viável e pode ser indicada para utilização em dietas ricas em concentrado para novilhos em terminação em confinamento. Seu uso pode reduzir custos de insumos e mão de obra necessária para operações relacionadas à dieta. Além disso, favorece a redução da área de plantio de volumoso para produção de silagem, uma vez que a torta é um subproduto da agroindústria do algodão.

Conclusão

A torta de algodão é uma alternativa sustentável e economicamente viável, podendo ser utilizada como fonte de fibra em rações isentas de forragem, sem afetar o desempenho animal. Essa abordagem promove benefícios econômicos e de desempenho para a terminação de novilhos de corte em confinamento.

Agradecimentos

Agradecemos à Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES (Código de Financiamento 001).

Financiamento

Esta pesquisa foi financiada pela bolsa número: 001 (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Declarações

Este estudo foi conduzido estritamente de acordo com as recomendações do Guia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal. O protocolo experimental de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (Protocolo nº 1.181/2021).

Referências

- Abdalla, A.L., Silva Filho, J.C., Godoi, A.R., Carmo, C.A., Eduardo, J.L.P., 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37, 260–258.
- ABIEC. Beef REPORT: Perfil da Pecuária no Brasil. In: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne. 2020. <http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2020/>
- Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., Gonçalves, J.L.M., Sparovek, G., 2013. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22, 711–728.
- Arroquy, J.I., Lopez-Fernandez, C.J., Lopez, A., 2018. Uso de subproductos de planta de algodón como fuente de fibra en dietas de engorde a corral. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 44, 23–29.
- Assis, D.Y.C., Carvalho, G.G.P., Santos, E.M., Oliveira, F.A., Araújo, M.L.G.M.L., Pina, D.S., Santos, A.S., Rufino, L.M.A., 2019. Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. *Italian Journal of Animal Science*, 18, 124–133.
- Bellingeri, A., Cabreraa, V., Gallob, A., Lianga, D., Masoerob, F., 2019. A survey of dairy cattle management, crop planning, and forages cost of production in Northern Italy. *Italian Journal of Animal Science*, 18, 786–798.
- Borreani, G., Tabacco, E., Schmidt, R.J., Holmes, B.J., Muck, R.E., 2018. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, 101, 3952–3979.
- Cappelle, E.R., Valadares Filho, S.C., Silva, J.F.C., Cecon, P.R., 2001. Estimativas do valor energético a partir de características químicas e bromatológicas dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 30, 1837–1856.
- CONAB, 2021. Acompanhamento da Safra Brasileira Companhia Nacional de Abastecimento. <https://www.conab.gov.br/>

- Detmann, E., Costa e Silva, L. F., Rocha, G.C., Palma, M.N.N., Rodrigues, J.P.P. 2021. Métodos para análise de alimentos. 2nd ed. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema. 350p.
- Eiras, C.E., Mottin, C., Passetti, R.A.C., Torrecilhas, J.A., Souza, K.A., Guerrero, A., Prado, I.N., 2016. How dietary cottonseed hull affects the performance of young bulls finished in a highconcentrate system. *Animal Production Science*, 57, 1719–1724.
- Getu, K., Getachew, A., Berhan, T., Getnet, A., 2020. Supplementary value of ensiled brewers spent grain used as replacement to cotton seed cake in the concentrate diet of lactating crossbred dairy cow. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 3675–3683.
- Gomes, M.N.B., Feijó, G.L.D., Duarte, M.T., Silva, L.G.P., Surita, L.M.A., Pereira, M.W.F., 2021. Manual de avaliação de carcaças bovinas. (Editora UFMS: Campo Grande)
- Greenwood, P.L., 2021. Review: An overview of beef production from pasture and feedlot globally, as demand for beef and the need for sustainable practices increase. *Animal*, 15, 1-16.
- Hocquette, J.F., Oury, M.P.E., Lherm, M., Pineau, C., Deblitz, C., Farmer, L., 2018. Current situation and future prospects for beef production in Europe - A review. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 31, 1017–1035.
- IBGE. Censo Agropecuário: resultados definitivos. In: Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. 2017. https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/3096/agro_2017_resultados_definitivos.pdf.
- Kozerski, N.D., Ítavo, L.C.V., Ítavo, C.C.B.F., Difante, G.S., Dias, A.M., Oliveira, L.C.S., Aguiar, E.N., Inácio, A.G., Gurgel, A.L.C., Santos, G.T., 2021. Calorimetry, physicochemical characteristics and nitrogen release from extruded urea. *Scientific Reports*, 11, 18340.
- Lima, N.L.L., Ribeiro, C.R.D.F., Sá, H. C. M. D., Leopoldino Júnior, I., Cavalcanti, L. F.L., Santana, R.A.V., Furusho-Garcia, I.F., Pereira, I.G., 2017. Economic analysis, performance, and feed efficiency in feedlot lambs. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 821–829.
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A., Sinclair, L.A., Wilkinson, R.G., 2011. *Animal Nutrition*. (Harlow, New York: Prentice Hall, Pearson)
- Paulino, P.V.R., Oliveira, T.S., Gionbeli, M.P., Gallo, S.B., 2013. Dietas sem forragem para terminação de animais ruminantes. *Revista Científica de Produção Animal*, 15, 161–172.
- Paulino, P.V.R., 2018. Processamento de grãos: o que esperar na próxima década? In: Valadares Filho, S.C., et al. (ads), XI Simpósio De Produção De Gado De Corte / 7th International Symposium Of Beef Cattle Production, Viçosa, 2018, (Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa), 01–12.
- Pinto, A.C.J., Millen, D.D., 2016. Situação atual de engorda de bovinos em confinamento e modelos nutricionais em uso. In: Valadares Filho, S.C. et al. (eds), X Simpósio De Produção De Gado De Corte / 6th Internacional Symposium Of Beef Cattle Production, Viçosa, 2016, (Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa), 103–120.
- Polizel Neto, A., Roça, R.O., Branco, R.H., Bonilha, S.M.F., Andrade, E.N., Corvino, T.L.S., Gomes, H.F.B., 2014. Animal performance, feeding behaviour and carcass traits of feedlot

cattle diet fed with agro-industrial by-product as fat source. *Journal of Agricultural Science*, 6, 54–65.

Purbowati, E., Lestari, C.M.S., Adiwiniarti, R., Restitrisnani, V., Mawati, S., Purnomoadi, A., Rianto, E., 2021. Productivity and carcass characteristics of lambs fed fibrous agricultural wastes to substitute grass. *Veterinary World*, 14, 1559–1563.

Tipu, M.A., Khalique, A., Naveed-ul-Haque, M., Shahid, M.Q., Akhtar, M., Ilyas, M., 2021. Effect of feeding calcium propionate supplemented cotton seed cake on milk yield, milk composition and aflatoxin concentration in lactating buffaloes. *Tropical Animal Health and Production*, 53, 1-6.

Valadares Filho, S.C., Silva, L.F.C., Lopes, S.A., Prados, L.F., Chizzotti, M.L., Machado, P.A.S., Bissaro, L.Z., Furtado, T., 2016. BR-CORTE 3.0: Cálculo de exigências nutricionais, formulação de dietas e predição de desempenho de zebuínos puros e cruzados. (UFV: Viçosa).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho mostrou que a torta de algodão pode ser utilizada como volumoso exclusivo em dietas isentas de forragem para bovinos de corte terminados em confinamento. A dieta com torta de algodão apresenta teores satisfatórios de fibra fisicamente efetiva (FDNfe) e promove os comportamentos ingestivo (alimentação e ruminação).

Os nutricionistas devem ter um monitoramento rígido sobre o tamanho de partícula desse coproduto. Após a prensagem e extração com solvente é importante que a torta de algodão não passe por procedimentos que possa quebrar suas partículas maiores pois isso afeta a efetividade física da fibra. No presente trabalho foi observado que mesmo que a torta de algodão tenha mais FDNfe que a silagem de milho, ela teve menos partículas retida na bandeja com peneira de 19 mm da *Penn State Particle Separator*, o que afetou o tempo de ruminação para bovinos alimentados com a dieta com torta de algodão.

A adaptação a dieta sem forragem com torta de algodão como volumoso deve ser realizada de forma mais criteriosa. Pode ser que esse período de adaptação seja maior que o das dietas convencionais, e que seja preciso a substituição parcial de forragem por torta de algodão até que o ruminante esteja totalmente adaptado a dieta sem forragem.

Mesmo após a extração do óleo a torta de algodão ainda apresenta teores residuais de extrato etéreo. E como visto nesse trabalho o óleo de algodão é rico em ácido linoleico (C18:2n6) e que altera as concentrações de $\omega 6$ e relação $\omega 6:3\omega$ da gordura intramuscular da carne bovina, mas sem afetar as principais características da tipificação de carcaça e maciez da carne bovina.

O uso de dietas tendo a torta de algodão como único volumoso pode ser uma alternativa economicamente viável para sistemas de confinamento de bovinos de corte localizados em regiões produtoras de algodão e a indústrias de limpeza da pluma e extração de óleo. Já que a silagem de milho, utilizada nas dietas convencionais dos confinamentos brasileiros, requerem grandes investimentos com terra, maquinário, instalações e mão de obra para fornecer essa dieta aos animais confinados.

ANEXO

Tropical Animal Health and Production (2022) 54:112
<https://doi.org/10.1007/s11250-022-03120-y>

REGULAR ARTICLES



Cotton cake as an economically viable alternative fibre source of forage in a high-concentrate diet for finishing beef cattle in feedlots

Angelo Herbet Moreira Arcanjo¹ · Luis Carlos Vinhas Itavo^{1,2} · Camila Celeste Brandão Ferreira Itavo¹ · Gumerindo Loriano Franco¹ · Alexandre Menezes Dias¹ · Gelson dos Santos Difante¹ · Eduardo de Assis Lima¹ · Juliana Caroline Santos Santana¹ · Antonio Leandro Chaves Gurgel¹

Received: 4 October 2021 / Accepted: 18 February 2022
 © The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. 2022

Abstract

Cotton cake can be a sustainable and economically viable alternative to maize silage as an effective fibre source in the finishing diet of feedlot beef cattle. Thus, the objective was to evaluate the economic viability and the productive performance of Nellore steers finished in feedlots using cotton cake as a source of fibre, replacing maize silage in the diet. Twenty-four non-castrated Nellore steers, with an average weight of 377.8 kg and an age of approximately 24 months, kept in individual pens, were used. The diet was 30% roughage, in the form of maize silage, and a diet without forage containing 30% cotton cake as an effective fibre source, based on dry matter. The design used was completely randomised with two treatments and 12 replications. Effects ($p < 0.05$) of the dietary fibre source were observed for final body weight (BW), total weight gain, hot carcass weight (HCW) and carcass yield (CY). Revenue and net margin were higher for the treatment with cotton cake. The corn silage diet promoted higher total costs per animal (US\$ 408.41 vs. US\$ 336.06) and daily costs (US\$ 3.65 vs. US\$ 3.00). Greater differences were observed between fibre sources for the concentrate cost, and the maize silage diet had a cost US\$ 98.29 higher than the treatment with cotton cake (US\$ 314.04 vs. US\$ 215.75). The cotton cake treatment had a higher cost of US\$ 6.98/animal for the net margin. Cotton cake is a viable alternative and can be used as a source of fibre in forage-free diets without affecting production performance, promoting benefits in economic performance for finishing beef steers in feedlots.

Keywords By-product · Cotton · Diet without forage · Feeding costs · Weight gain

Introduction

Brazilian beef cattle raising is mainly performed on pasture, resulting in low production costs and competitive advantages on the international market. However, in recent years, with the expansion of grain, cotton and sugarcane crops under pasture areas, there has been pressure to adopt technologies to improve the efficiency of cattle production (Hocquette et al. 2018). The number of beef cattle has gradually

increased, whereas pasture areas and age at slaughter have decreased (BGE 2017; ABIEC 2020).

One of the technologies used to optimise the cattle production system is feedlot finishing, as it promotes greater weight gain per animal, improves feed conversion, increases precocity to slaughter and improves carcass finishing and meat quality (Greenwood 2021). In 2019, around 6.09 million cattle and buffaloes from feedlot systems were slaughtered, representing around 14.1% of the slaughtered herd (ABIEC 2020). However, the costs of finishing in confinement are much higher than those of finishing in the pasture because this system is highly dependent on inputs such as concentrates and preserved forage (Lima et al. 2017).

In recent years, the use of grains, especially maize, has increased, to the detriment of the participation of forage in feedlot diets. This is not only because of the better performance of this diet, but also because of the high costs of producing, storing and distributing roughage in confinement (Paulino 2018). Maize silage is the main roughage

✉ Luis Carlos Vinhas Itavo
luis.itavo@ufms.br

¹ College of Veterinary Medicine and Animal Science, Federal University of Mato Grosso Do Sul, Campo Grande, Brazil

² Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – FAMEZ, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, Av. Senador Filinto Müller, 3443, Cidade Universitária, Campo Grande, MS 79070-900, Brazil

Effectiveness of cottonseed cake fibre included in the diet of Nellore steers finished in confinement

Angelo Herbet Moreira Arcanjo ^a, Luis Carlos Vinhas Ítavo ^a, Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo ^a, Alexandre Menezes Dias ^a, Gelson dos Santos Difante ^a, Gumercindo Loriano Franco ^a, Vanessa Zironi Longhini ^a, Fernanda de Kássia Gomes ^b, Omar Ali ^c, Juliana Caroline Santos Santana ^a, Antonio Leandro Chaves Gurgel ^d, Anderson Ramires Candido ^a and Carolina Marques Costa ^a

^aFaculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, Brasil; ^bEmpresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Epamig Centro Oeste, Prudente de Morais, Brasil; ^cDepartamento de Produção Animal, Universidade Lúí, Campus Universitário Unango, Sangha Niassa, Moçambique; ^dDepartamento de Zootecnia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Brasil

ABSTRACT

It was aimed to evaluate the use of cottonseed cake (CSC) as a source of physically effective neutral detergent fibre (peNDF) to replace corn silage (CS) in diet of feedlot-finished cattle. The design used was completely randomised, with 2 treatments (30% CSC and 30% CS) and 12 replications. There was interaction between fibre source and nutrient in the material retained in the Penn State Particle Separator. The highest concentrations ($P = 0.0001$) of peNDF and the *in vitro* digestibility of peNDF (DpeNDF) were for CSC. There was a higher ($p < 0.05$) dry matter intake (DMI) and neutral detergent fibre (NDF) intake (NDFI) by the animals on the CSC diet. The CSC-fed steers showed higher ($P = 0.0001$) final body weight (BW) and total weight gain. The steers fed CSC showed a longer ($P = 0.0001$) feeding time, feed efficiency, and lower rumination time ($P = 0.0001$) and rumination efficiency ($P = 0.0001$). There were positive correlations between the variables: rumination time \times intake, rumination time \times NDFI and peNDF \times DpeNDF. It was observed that there was a negative correlation between the variables: rumination time \times peNDF, rumination time \times DpeNDF, NDFI \times peNDF, and NDFI \times DpeNDF. Cottonseed cake is an alternative source of peNDF for feedlot beef cattle.

ARTICLE HISTORY

Received 29 July 2022
Accepted 15 December 2022

KEYWORDS

ingestive behaviour; co-product; forage-free diet; physically effective fibre; roughage

Introduction

In the last two decades, beef cattle feedlots in Brazil have increasingly used diets with high proportions of concentrate, primarily corn grain, and even used diets without forage altogether (Silvestre and Millen 2021). These high-concentrate diets promote greater feed efficiency and improve carcass traits. However, disorders related to lactic fermentation are frequent, such as subclinical and/or clinical ruminal acidosis, laminitis, and

CONTACT Angelo Herbet Moreira Arcanjo  angelohmarcanjo@gmail.com

© 2022 The Royal Society of New Zealand