



Programa de Pós-Graduação em Zootecnia

**Silagem de dieta total com coprodutos do milho e do ácido
cítrico para vacas em lactação**

JOÃO VITOR ARAÚJO ANANIAS

**Janaúba
2023**

JOÃO VITOR ARAÚJO ANANIAS

Silagem de dieta total com coprodutos do milho e do ácido cítrico para vacas em lactação

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Montes Claros, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Zootecnia no Semiárido, para obtenção do título de Mestre.

Orientador

Prof. Dr. Flávio Pinto Monção

**Janaúba
2023**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

Ananias, João Vitor Araújo

A532s

Silagem de dieta total com coprodutos do milho e do ácido cítrico para vacas em lactação [manuscrito] / João Vitor Araújo Ananias. – 2023.
58 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Estadual de Montes Claros – Janaúba, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Sc. Flávio Pinto Monção.

1. Bovino de leite. 2. Lactação. 3. Vaca. 4. Silagem. 5. Sorgo. I. Monção, Flávio Pinto. II. Universidade Estadual de Montes Claros. III. Título.

CDD. 633.62

Catálogo: Joyce Aparecida Rodrigues de Castro Bibliotecária CRB6/2445

Declaração - UNIMONTES/PRPG/PPGZ - 2023

Montes Claros, 30 de janeiro de 2024.

Declaramos para os devidos fins que no dia **30 de outubro de 2023**, o Senhor **João Vitor Araújo Ananias**, CPF 094.497.436-81, defendeu sua Dissertação de Mestrado, intitulada “*Silagem de dieta total com coprodutos do milho e do ácido cítrico para vacas em lactação*” no Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Unimontes – Universidade Estadual de Montes Claros, aprovada pela banca examinadora:

Dr. Flávio Pinto Monção/ Presidente/ UNIMONTES

Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior/ Membro Interno/UNIMONTES

Dr. Alex de Matos Teixeira/ Membro Externo/ UFU

Dr. André Souza de Santos/ Membro Externo/ UNIMONTES

Considerando o disposto no Artigo 49 da Resolução N°. 030 – CEPEX/2022 das Normas do Programa, o Mestrando somente poderá usufruir de todos os direitos e prerrogativas que o título de Mestre em Zootecnia lhe confere após a apresentação da Dissertação, devidamente aprovada em sua redação definitiva, à Secretaria do Programa, **no prazo final de 90 dias**, findo o qual esta declaração perde a validade.

O Mestrando foi orientado pelo **Prof. Flávio Pinto Monção**.

O curso é reconhecido e Homologado pelo CNE (Portaria MEC N° 1.077- DOU de 13/09/2012 - Parecer CES/CNE 277/2007, 17/01/2008) Renovação do Reconhecimento: (RESOLUÇÃO SEDECTS N° 15, de 14 DE MARÇO 2019, D.O.MG de 26/03/2019).



Documento assinado eletronicamente por **Flávio Pinto Monção, Professor(a)**, em 30/10/2023, às 17:49, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **André Santos De Souza registrado(a) civilmente como André Santos de Souza, Usuário Externo**, em 30/10/2023, às 18:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Alex de Matos Teixeira**, **Usuário Externo**, em 01/11/2023, às 17:16, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vicente Ribeiro Rocha Junior**, **Professor(a)**, em 07/11/2023, às 10:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 47.222, de 26 de julho de 2017](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.mg.gov.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **76125852** e o código CRC **51E01014**.

Referência: Processo nº 2310.01.0004234/2021-16

SEI nº 76125852

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois ele rege meus caminhos, é a fonte de minha força e me abençoa para que eu cumpra meus objetivos.

A minha mãe, Eliane, por todo amor, carinho, cuidado e correta instrução. Responsável pela formação de meu caráter e disciplina.

Ao meu pai, Lúcio, por tudo de bom que fez e faz por mim, elo responsável por meu primeiro contato com os animais. A minha irmã, Bruna, por todo companheirismo e apoio.

Ao meu orientador, Professor Dr. Flávio Pinto Monção, exemplo de profissional e ser humano. Por toda paciência, instrução, todo ensinamento e por possibilitar que eu aproveitasse do período do mestrado de forma integrada, contribuindo, assim, de alguma forma, com a ciência.

Ao meu coorientador, Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior, grande profissional, com quem dividi muitas risadas, por compartilhar conhecimento, além de todo esforço para que pudéssemos executar este trabalho.

À Universidade Estadual de Montes Claros – UNIMONTES, por possibilitar minha formação.

A todos os professores responsáveis por minha formação, cada um contribuiu com uma informação única. Em especial ao professor Dr. Alex de Matos Teixeira, por ceder o material utilizado.

Ao professor Dr. Lúcio Carlos Gonçalves, por me ajudar no desenvolvimento deste trabalho; e ao professor Dr. Daniel Ananias de Assis Pires, que também é meu primo, pelo apoio e palavras de sabedoria durante a pós-graduação.

A todos que fizeram parte do desenvolvimento deste trabalho.

Muito Obrigado!!!

SUMÁRIO

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA	8
RESUMO GERAL	9
PALAVRAS-CHAVE: Micélio, Raffinate, Goldenmill, Palha de milho.....	10
1 INTRODUÇÃO GERAL	13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Bovinocultura de leite no Brasil.....	14
2.2 Coprodutos	15
2.3 Micélio e Raffinate.....	16
2.4 Farelo de Glúten de Milho Úmido – GoldenMill	18
2.5 Palha de milho	20
2.6 Polpa cítrica.....	21
REFERÊNCIAS	22
Resumo.....	28
Abstract.....	30
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1 Local e manejo dos animais.....	34
2.2 Dietas experimentais e manejo	34
2.3 Análises da composição química	36
2.4 Degradabilidade in situ	38
2.5 Consumo e digestibilidade dos nutrientes	39
2.6 Parâmetros sanguíneos	40
2.7 Comportamento ingestivo	41
2.8 Produção e composição do leite, peso corporal e escore de condição corporal (ECC)	41
2.9 Análises estatísticas	42
3 RESULTADOS.....	43
4 DISCUSSÃO	49
5 CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	55
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	58

NORMAS DA REVISTA CIENTÍFICA

“Esta dissertação segue as premissas básicas da Revista Livestock Science”.

link:<https://www.elsevier.com/journals/livestock-science/1871-1413/guide-for-authors>.

RESUMO GERAL

ANANIAS, João Vítor Araújo. **Silagem de dieta total com coprodutos do milho e do ácido cítrico para vacas em lactação**. 2023. 46 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil ¹.

Os coprodutos gerados nas agroindústrias são ingredientes com potencial de uso na alimentação de ruminantes. No entanto, devido às diversas características dos coprodutos (i.e., textura, umidade) há necessidade de se avaliar a melhor forma de utilização destes na alimentação dos animais. A ensilagem da dieta completa (TMR – Total mixed ration), por exemplo, é uma estratégia para facilitar o manejo e a eficiência do sistema de alimentação dos animais. Contudo, há lacunas no conhecimento quanto à melhor estratégia de fornecimento de coprodutos do milho e ácido cítrico em dietas para vacas em lactação. Assim, objetivou-se avaliar estratégias de fornecimento dos coprodutos, micélio, raffinate, palha de milho e Goldenmil nas dietas de vacas mestiças em lactação sobre o consumo e digestibilidade dos nutrientes, parâmetros sanguíneos, comportamento ingestivo, produção e composição do leite. Foram utilizadas 15 vacas $\frac{3}{4}$ Holandês x $\frac{1}{4}$ Gir, com peso inicial médio de 594 kg e 80 ± 5 dias de lactação. Foram avaliadas três dietas experimentais: dieta controle, sem inclusão de coprodutos do milho e do ácido cítrico; dieta completa *in natura*, contendo coprodutos do milho e do ácido cítrico; dieta completa ensilada contendo coprodutos do milho e do ácido cítrico. Foi utilizado o delineamento em quadrado latino triplo, sendo três tratamentos, três períodos de amostragem e coleta de dados. O experimento teve 63 dias de duração, sendo 14 dias para adaptação dos animais ao manejo e às dietas, e 7 dias para coleta de dados e amostragem. A relação volumoso:concentrado nas três dietas experimentais foi de aproximadamente 36:64 na base da matéria seca (MS). As vacas alimentadas com a dieta controle consumiram 11,47 kg de MS a mais do que aquelas alimentadas com a dieta completa ensilada (média de 14,83 kg/dia). O menor consumo de proteína bruta ($P<0,01$), extrato etéreo ($P=0,02$), carboidratos não fibrosos (CNF; $P<0,01$), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDN_{cp}; $P<0,01$),

¹ Comitê de Orientação: Prof. Dr. Flávio Pinto Monção - Departamento de Ciências Agrárias/ UNIMONTES (Orientador); Prof. Dr. Vicente Ribeiro Rocha Júnior - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Coorientador).

fibra em detergente neutro indigestível (FDNi; $P < 0,01$), fibra em detergente neutro potencialmente digestível (FDNpd; $P < 0,01$) foi verificado nas vacas que receberam dieta completa ensilada com os coprodutos do milho e do ácido cítrico. Não houve diferença ($P > 0,05$) entre as dietas sobre a digestibilidade da MS, proteína bruta, extrato etéreo, CNF, FDNcp e NDT, média de 615,8; 666,6; 996,0; 943,3; 465,9 e 619,2 g/kg de MS, respectivamente. As vacas alimentadas com dieta controle ou com dieta *in natura* produziram leite 23,20% a mais em relação àquelas que receberam a TMR ensilada com os coprodutos do milho e do ácido cítrico. A eficiência alimentar das vacas que receberam a TMR ensilada foi 22,83% superior às demais (média de 1,25 kg de leite/kg de MS). Não houve diferença entre as dietas sobre o teor de gordura ($P = 0,84$), lactose ($P = 0,12$), sólido totais ($P = 0,17$) e contagem de células somáticas ($P = 0,89$). Considerando aspectos relacionados a manejo, consumo de matéria seca e nutrientes, parâmetros sanguíneos, produção e composição do leite, destaca-se a dieta *in natura* com os coprodutos do milho e do ácido cítrico.

PALAVRAS-CHAVE: Micélio, Raffinate, Goldenmill, Palha de milho

GENERAL ABSTRACT

ANANIAS, João Vítor Araújo. **Silage of total diet with corn and citric acid co-products for lactating cows.** 2023. 46 p. Dissertation (Master's degree in Animal Science) – State University of Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, Brasil.²

The co-products generated in agro-industries are foods with potential for use in feeding ruminants. However, due to their different characteristics (i.e., texture, moisture) it is necessary to evaluate the best way to add them to animal feeding. Ensiling a complete diet (TMR – Total mixed ration), for example, is a strategy to facilitate the management and efficiency of the animal feeding system. However, there are gaps in knowledge regarding the best strategy for supplying corn and citric acid co-products in diets for lactating cows. Thus, the objective was to evaluate strategies for supply the co-products, mycelium, raffinate, corn straw and Goldenmil in the diets of crossbred cows in lactation on the consumption and digestibility of nutrients, blood parameters, ingestive behavior, production and composition of milk. Fifteen $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Gir cows with an average initial weight of 594 kg and 80 ± 5 days of lactation were used. Three experimental diets were evaluated: control diet, without inclusion of corn and citric acid co-products; *in natura* complete diet, containing corn and citric acid co-products; ensiled complete diet containing corn and citric acid co-products. A triple Latin square design was used, with three treatments, three sampling periods and data collection. The experiment lasted 63 days, with 14 days for adapting the animals to management and to diets, and 7 days for data collection and sampling. The forage:concentrate ratio in the three experimental diets was approximately 36:64 on a dry matter (DM) basis. Cows fed the control diet consumed more 11.47 kg of DM than the ones fed the ensiled complete diet (average of 14.83 kg/day). The lowest consumption of crude protein ($P < 0.01$), ether extract ($P = 0.02$), non-fibrous carbohydrates (CNF; $P < 0.01$), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap; $P < 0.01$), indigestible neutral detergent fiber (iNDF; $P < 0.01$), potentially digestible neutral detergent fiber (pdNDF; $P < 0.01$) were verified in cows that received ensiled complete diet with corn and of citric acid co-products. There was no difference ($P > 0.05$) between the diets on the digestibility of DM,

² Guidance Committee: Prof. DSc. Flávio Pinto Monção - Departamento de Ciências Agrárias/ UNIMONTES (Advisor); Prof. DSc. Vicente Ribeiro Rocha Júnior - Departamento de Ciências Agrárias/UNIMONTES (Co-advisor).

crude protein, ether extract, NFC, NDFap and TDN, average of 615.8; 666.6; 996.0; 943.3; 465.9 and 619.2 g/kg DM, respectively. Cows fed control diets and *in natura* diets produced more 23.20% of milk compared to animals that received TMR ensiled with corn and citric acid co-products. The feed efficiency of cows that received the ensiled TMR was 22.83% higher than the other ones (average of 1.25 kg of milk/kg of DM). There was no difference between the diets regarding fat content (P=0.84), lactose (P=0.12), total solids (P=0.17) and somatic cell count (P=0.89). Considering aspects related to management, consumption of dry matter and nutrients, blood parameters, production and composition of milk, the *in natura* diet with corn and citric acid co-products stands out.

KEYWORDS: Mycelium, Raffinate, Goldenmill, Corn Husk

1 INTRODUÇÃO GERAL

A silagem de volumosos associados a alimentos concentrados é usada para melhorar a qualidade da dieta oferecida aos animais ruminantes. Ao se ensilar todos os alimentos que serão oferecidos ao animal, cria-se uma ração mista total (TMR). As silagens de TMR são a ensilagem de uma dieta completa composta por forragem fresca, concentrado proteico, concentrado energético, vitaminas, minerais e aditivos, formulada para atender às exigências nutricionais de uma determinada categoria animal (BUENO et al., 2020). Essa prática vem sendo adotada por produtores em todo o mundo.

A nutrição consiste no aporte das exigências nutricionais tendo maior retorno econômico e minimização do efeito negativo ao meio ambiente, decorrentes da harmonia entre custo, desempenho animal e impactos ambientais (TOMICH et al., 2015). Nesse caso, estratégias de nutrição que minimizem o custo de produção são essenciais para a sustentabilidade do setor da pecuária leiteira.

A utilização dos coprodutos na alimentação animal é uma estratégia de importância considerável, uma vez que insumos provenientes do processamento secundário de resíduos agroindustriais demonstram bons valores nutritivos, capazes de suprir demandas nutricionais. Esses coprodutos podem, ainda, apresentar custo inferior ao de insumos tradicionais, além de reduzir a poluição ambiental causada pelo descarte de resíduos industriais, consolidando uma pecuária mais sustentável (GONÇALVES et al., 2014a; MESCHIATTI, 2015).

Para que os coprodutos possam ser comercializados, é necessário validá-los com teste de desempenho animal, por se tratar de dietas com maior teor de umidade e possíveis variações em sua composição química no processo de obtenção industrial (GONÇALVES et al., 2014a).

Diversos são os coprodutos gerados nas agroindústrias; no entanto, este estudo destacará aqueles obtidos do milho e ácido cítrico como o micélio, raffinate, goldenmill e a palha de milho. São escassas as pesquisas com esses coprodutos na dieta de bovinos leiteiros, bem como os métodos de processamento destes na dieta dos animais. Esses coprodutos podem ser fontes de energia, proteína e fibra efetiva (FDNe) na dieta de

ruminantes, flexibilizando sua inclusão a partir da substituição parcial ou total de alimentos tradicionais. Com isso, o objetivo principal deste estudo é avaliar o uso de silagem de dieta total com coprodutos do milho e do ácido cítrico na dieta de vacas em lactação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Bovinocultura de leite no Brasil

A expansão e o crescimento da produção de grãos aliados à tecnificação e desenvolvimento da produção pecuária favorecem a prática de confinamento de bovinos de corte e leite no Brasil, que tem por objetivo aumento da lucratividade do produtor. Segundo o IBGE, a produção de leite no Brasil em 2021 foi estimada em 35,3 bilhões de litros de leite ainda que a adoção de vários modelos de criação intensiva e semiextensiva limite a adoção generalizada de métodos de manejo de bovinos, principalmente o leiteiro. Assim, o uso de tecnologias que possam garantir o manejo adequado do rebanho pode melhorar a eficiência produtiva como um todo dentro da cadeia (LALONI et al., 2004).

A diminuição de propriedades leiteiras de 2006 a 2017 no Brasil, onde, em 2006, dos 1,350 milhão de produtores, 931 mil vendiam leite, e em 2017 havia 1,176 milhão dos quais apenas 727 mil vendiam leite, resultou em uma queda de 68,9% para 62%, respectivamente. Todavia, a demanda por produtos lácteos pressiona os produtores na busca de maior eficiência na produção, bem como produtos de qualidade e oriundos de animais em bem-estar.

Por outro lado, grande parte da produção de leite no Brasil é baseada em sistema de produção a pasto, o que acaba sendo determinado pela sazonalidade forrageira, tornando necessário o uso de suplementação estratégica, visto que essa condição se torna como desafio para manter a produção com a oscilação de oferta e valor nutricional de forragem ao longo do ano.

Na estação seca existe o baixo acúmulo de forragem e nutrientes como a proteína bruta são diluídos na planta, ficando, muitas vezes, indisponíveis para os microrganismos ruminais (VAN SOEST, 1994; REIS et al., 2009). Outro limitante no período da seca para animais a pasto é o baixo consumo de energia metabolizável, pois a maior parte da energia

está nos componentes da parede celular representada pela fibra em detergente neutro de lenta degradação ruminal (OLIVEIRA et al., 2014; MONÇÃO et al., 2016).

Neste contexto, o uso de coprodutos em dietas para ruminantes pode ser uma estratégia para reduzir os custos de produção e aumentar ou manter a produção de leite e margens de lucro (SILVA et al., 2009a)

2.2 Coprodutos

De maneira geral, o coproduto é um material não destinado a humanos, mas é passível de aproveitamento na alimentação de bovinos de leite. Esses coprodutos são originados da produção industrial e/ou do processamento secundário e beneficiamento de resíduos da produção de alimentos, bebidas, etanol e outros (ABDOLLAHZADEH et al., 2010; VELASCO et al., 2009).

Diante da competição com outras cadeias produtivas por “*commodities*”, como o milho e a soja, os coprodutos surgem como uma opção a ser usada na dieta dos ruminantes, satisfazendo aos preceitos de nutrição de precisão por permitirem a formulação de dietas com potencial de maximização do desempenho animal, menor custo e redução de impactos ambientais, já que os resíduos podem ser utilizados na alimentação animal. Além disso, representam receitas extras para as agroindústrias pela oferta de coprodutos que serão utilizados na alimentação dos animais (PEREIRA et al., 2009; NERI et al., 2019; ANDRADE, 2021).

Do mesmo modo, a utilização de coprodutos tem sido considerada uma alternativa promissora para alimentação de ruminantes também devido aos aspectos qualitativos relacionados às suas composições químico-bromatológicas (SILVA et al., 2012). Em uso estratégico como nos períodos de estacionalidade de forragem, os coprodutos podem ser incluídos nas dietas de ruminantes como fontes de fibra, podendo atender às exigências de FDN nas rações (SWAIN e ARMENTANO, 1994).

A composição químico-bromatológica de alguns coprodutos apresentam valores próximos aos de forragens comumente utilizadas, diferenciando-se quanto à efetividade física da FDN e da resposta no desempenho quando fornecida a ruminantes. Tal fato pode

ser atribuído ao tamanho de partícula, que determina a menor efetividade em estimular a atividade de mastigação (LIMA, 2003).

De acordo com o NRC (2001), para vacas em lactação, as dietas devem conter, no mínimo, 19% fibra em detergente neutro de forragem (FDNf) e 25% FDN total na MS total da ração. Assim, no uso dos coprodutos substituindo forragens, a redução de cada unidade percentual de FDNf deve ser compensada pelo aumento de duas unidades percentuais da FDN total da dieta e redução de duas unidades percentuais de carboidrato não fibroso. Com isso, faz-se necessário identificação e uso prático de materiais, que, ao substituírem parcialmente as fontes de fibra de forragem, atendam às exigências de manutenção e produção desses animais ao longo do ciclo (FERREIRA, 2016).

2.3 Micélio e Raffinate

Grande parte da produção mundial do ácido cítrico ocorre pela via fermentativa, em que o fungo *Aspergillus niger*, na presença de oxigênio, converte açúcares em ácido cítrico. Após o crescimento do fungo, o material é destinado a tanques de fermentação na presença de dextrose ou açúcar e minerais, em condições controladas de pH, temperatura e umidade. Depois da máxima conversão do açúcar em ácido cítrico, o crescimento do fungo é inibido e inativado, ocorrendo a separação da biomassa do micélio do caldo fermentado (GONÇALVES et al., 2014; LITZ et al., 2014).

Denomina-se micélio a biomassa residual do processo de produção desse ácido, obtido a partir da incubação do fungo *Aspergillus niger* com substratos de sabugo de milho, farelo de algodão e água acidificada, para promover o crescimento das colônias fúngicas. Já o “raffinate” é um resíduo líquido da purificação do ácido cítrico; sua produção ocorre com a adição de um solvente no caldo fermentado para que ocorra a extração do ácido cítrico, o produto desta extração é composto principalmente de açúcares intermediários, que passam pelo processo de evaporação (Figura 1) (GONÇALVES et al., 2014b; LITZ et al., 2014).

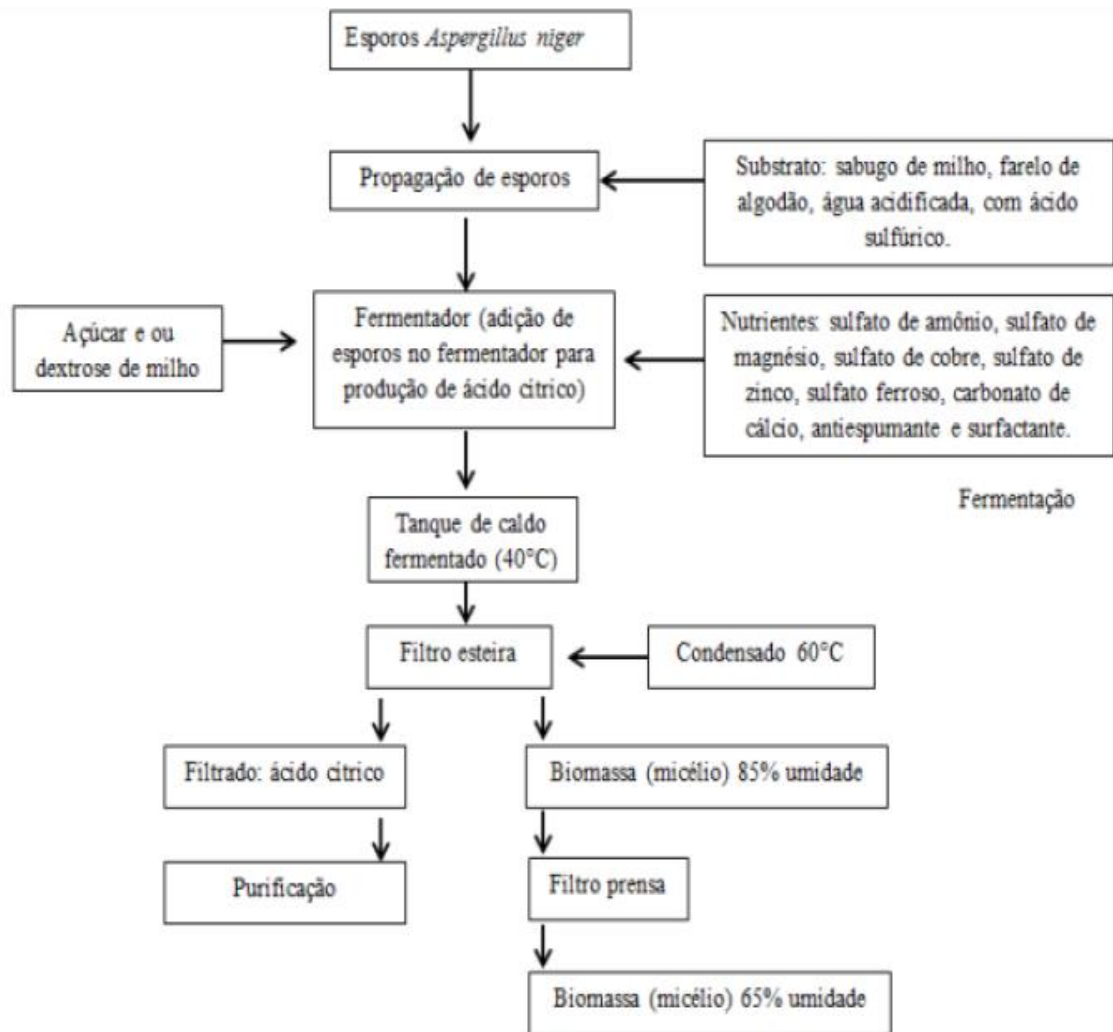


Figura 1- Fluxograma do processo de obtenção de micélio e raffinate

Fonte: Adaptado de Cargill

A escassez de trabalhos que caracterizam e avaliam o consumo desses coprodutos e sua ampla variação bromatológica evidencia a demanda de estudos para avaliar o valor nutritivo dos mesmos (Tabela 1). Essa alta variabilidade constitui uma limitação comum aos coprodutos, e pode estar relacionada às diferenças entre partidas de uma empresa e entre empresas, épocas do ano e o processo de produção (FERREIRA, 2016).

Tabela 1- Composição químico-bromatológica do micélio e raffinate

Parâmetros	Micélio			Raffinate		
	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3	Estudo 1	Estudo 2	Estudo 3
MS ⁴	36,6	16,8	33,6	61,0	74,6	57,9
PB ⁵	7,2	18,5	19,0	10,0	8,8	13,2
FDN ⁵	23,1	21,5	66,1	-	-	-
FDA ⁵	31,0	7,5	48,5	-	-	-
MM ⁵	0,1	5,6	1,7	16,5	3,5	4,7
EE ⁵	0,1	6,5	3,0	3,7	1,5	0,1

¹Gonçalves et al. (2014); ²Litz et al. (2015);³(“Meschiatti - 2015 - Substituição do milho moído por coprodutos da ind.pdf,” n.d.); 4% matéria natural; 5% matéria seca; MS = Matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra insolúvel em detergente neutro; FDA = fibra insolúvel em detergente ácido; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo.
Fonte: adaptado (Andrade, 2021).

2.4 Farelo de Glúten de Milho Úmido – GoldenMill

O farelo de glúten de milho úmido (FGM-21) é formado a partir da combinação das fibras do milho (*Zea mays*) com a água de maceração concentrada, ambas obtidas durante o processamento úmido do milho. O processo inicia-se com a retirada de impurezas por meio de peneiras, ciclones e sopradores, sendo os grãos redirecionados para maceradores de tanques inoxidáveis, que recebem uma água sulfatada entre 45 e 50 °C por 40-48 horas. A solução de dióxido de enxofre enfraquece as ligações de enxofre entre o amido e a proteína, evita a germinação e amolece o grão de milho, permitindo a segregação em seus principais componentes (STOCK et al., 1999; CARDOSO, 2020; ANDRADE, 2021) e liberando nutrientes para a solução (BLASI et al., 2001).

Com aproximadamente 5-7% de sólidos do milho, a água de maceração é retirada da massa de grãos e continuamente evaporada até atingir 45-50% de umidade. Essa massa passa pela primeira moagem e centrifugação, em que, por densidade, o gérmen é desprendido dos demais componentes do milho. O óleo é extraído do gérmen, dando origem ao coproduto torta de gérmen. A massa restante da segregação do gérmen é submetida a nova moagem e centrífugas ou peneiras, e as cascas (fibra) são isoladas do endosperma (glúten e amido). O pericarpo é misturado à água de maceração do milho e,

eventualmente, à torta de gérmen, dando origem ao farelo de glúten de milho. Por fim, uma última centrifugação separa o glúten do amido por diferença de densidade, sendo o primeiro destinado à alimentação animal, denominado farelo de glúten de milho 60, e o último à fermentação alcoólica ou à fabricação de produtos alimentícios, farmacêuticos ou têxteis (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008; ANDRADE, 2021). Após a separação do gérmen, glúten e amido por meio de peneiras e centrifugação, a solução concentrada e a fibra remanescente constituem o farelo de glúten de milho úmido (BLASI et al., 2001).

Quanto às características dietéticas, com cerca de 40% de matéria seca (MS), esse coproduto constitui uma fonte de energia, proteína bruta (PB) de alta qualidade, fibra digestível e minerais (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição bromatológica do farelo de glúten de milho úmido

Itens (%)	Schroeder (2003)	Bowman e Paterson (1988)	Mullins <i>et al.</i> (2010)
MS	48,4	45,4	56,1
PB	21,9	-	24,5
FDN	27,7	56,8	35,3
FDA	9,8	12,5	11
MM	8,1	9,8	5,8

Adaptado de: Bowman e Peterson (1988), Schroeder (2003) e Mullins *et al.* (2010).

Em revisão de compilado de 11 trabalhos com inclusão do FGM-21 variando de 12 a 60% da MS da dieta, Blasi et al. (2001) concluíram que há poucos efeitos do coproduto sobre a produção ou composição do leite, e que, embora dietas com níveis consideráveis de FGM-21 apresentem menor valor energético comparadas às convencionais, a produção foi semelhante. Nos casos de aumento na produção, ocorreu maior consumo de matéria seca (CMS), o que pode explicar o efeito positivo sobre a produção de leite (PEDROSO et al., 2009).

Alguns autores (MENEGETTI e DOMINGUES, 2008; PEDROSO et al., 2009) consideraram os efeitos sobre a ingestão de matéria seca pouco conclusivos, apresentando aumento, principalmente quando em substituição parcial ao volumoso, o que poderia ser justificado pela rápida e extensa degradabilidade da fibra. Isso levaria ao aumento, não

alteração ou queda na taxa de passagem, podendo estar associado à MS da dieta total abaixo de 50% ou curto período de adaptação.

Ribeiro Filho et al. (2009), avaliando a inclusão do farelo de glúten de milho na mistura de 60:40 de grão de milho na dieta de vacas leiteiras no terço médio da lactação, observaram aumento na produção de leite em 4,0 kg vaca⁻¹ com o uso dessa suplementação. Já em baixa oferta de forragem, a suplementação com alimento concentrado (22% PB) contendo farelo de glúten de milho elevou a produção de leite na ordem de 1 kg por kg de concentrado. Do mesmo modo, Kononoff *et al.* (2006), avaliando vacas da raça Holandesa, suplementadas com glúten de milho úmido (WCGF), constataram que as vacas que receberam o WCGF apresentaram escore corporal e produção de leite maiores (2,1 kg vaca⁻¹) quando comparadas às vacas do grupo controle que não receberam o suplemento.

2.5 Palha de milho

A utilização de palhadas pelos ruminantes no Brasil pode ser considerada baixa (CRUZ, 1983) devido ao baixo valor nutricional, baixos teores de compostos nitrogenados, carboidratos solúveis, minerais disponíveis e baixa digestibilidade. Por outro lado, esses volumosos são ricos em celulose, hemicelulose e lignina e fatores como a sílica e os ácidos fenólicos inibidores da digestão e do consumo (PAIVA, 1992; OWEN e VELAZQUEZ, 1992).

Outro fator importante é que a palha do milho é um ingrediente funcional para a manutenção do rúmen promovendo, por meio da mastigação e da ruminação, a produção de tamponantes no rúmen que reduzem o risco de doenças metabólicas, sendo uma das causas a queda do pH ruminal (LEAL et al., 2008).

Para que haja melhor aproveitamento das palhadas pelos ruminantes, é preciso identificar quais os melhores meios para a utilização dos nutrientes e a categoria animal a que seriam ofertados. Pode-se melhorar o consumo e a digestibilidade das palhadas por meio da adição de fontes ricas em nutrientes disponíveis como compostos nitrogenados não proteicos (NNP), ureia ou amônia anidra de forma a elevar o consumo com o aumento da população microbiana do rúmen (QUEIROZ et al., 1998).

O uso da palha de milho na alimentação tem como principais fatores atrativos a boa disponibilidade e o baixo custo. A composição química é variável por diversos fatores, como o estágio de maturação, uso de fertilizante, clima e condições de armazenamento, o que

requer a avaliação desses componentes (CARDOSO, 2020). Assim, a época da colheita da palha de milho determina a composição bromatológica do coproduto, porque à medida que decorrem os dias após a colheita do milho, a digestibilidade da palha decresce com o aumento da MS e perdas dos nutrientes carregados pela água (KLOPFENSTEIN e OWEN, 1981).

2.6 Polpa cítrica

O Brasil é o maior produtor mundial de polpa cítrica, o que leva a possibilidade de converter esse material em leite a se tornar uma estratégia vantajosa para as indústrias da laranja e do leite (SALVADOR et al., 2008).

A polpa cítrica usada na alimentação de ruminantes tem a vantagem de reduzir a eliminação de resíduos para o ambiente, além de ser viável na substituição de alimentos volumosos e energéticos, como a silagem e o milho (ASSIS et al., 2019).

Esse material possui entre 85% e 90% do valor energético do milho e teor de proteína bruta baixo ($7,1\% \pm 0,49$ base matéria seca). Já com relação aos carboidratos, apresenta alto teor de carboidratos solúveis e sua parede celular é altamente digestível, apresentando em sua composição grande proporção de pectina. A pectina é um carboidrato estrutural de alta e rápida degradação, estando prontamente disponível, cujo produto final da fermentação é o ácido acético. Este ácido é um dos principais precursores da gordura do leite e, por isso, sugere-se que a polpa cítrica possa auxiliar na manutenção de altas porcentagens de gordura do leite em condições nas quais o volumoso é escasso ou de baixa qualidade (ROCHA FILHO, 1998).

Do mesmo modo, Broderick et al. (2002) registraram queda na produção de leite de 35,0 para 32,0 kg, associada à redução simultânea no consumo, quando dietas com 19,1% ou 13,4% de polpa cítrica na MS substituíram o mesmo teor dietético de silagem de grão úmido de milho, partindo de dietas com 38,5% ou 26,9% de grãos, respectivamente. Por sua vez, Assis et al. (2004) testaram a inclusão de quatro níveis de polpa cítrica (0, 33, 67, 100) em substituição ao farelo de milho, na dieta de vacas com produção média de 20 kg de leite com correção para 4% de gordura no leite, e não verificaram diferença na produção e composição do leite.

REFERÊNCIAS

- ABDOLLAHZADEH, F. *et al.* Effect of feeding ensiled mixed tomato and apple pomace on performance of Holstein dairy cows. **Slovak Journal of Animal Science**, Lužianky. v.43, n.1, p. 31–35, 2010.
- ANDRADE, G. 2021. Silagens de dieta total com inclusão de coprodutos submetidas a quatro tempos de estocagem, com e sem aditivo. Universidade Federal de Uberlândia. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/ufu.di.2021.479>>
- ASSIS, A.J.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C. *et al.* Polpa cítrica em dietas de vacas em lactação. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite. **R. Bras. Zootec.** v.33, p.242–250, 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982004000100028>>
- ASSIS, D.D.Y.C.; CARVALHO, D.G.G.P.; SANTOS, D.E.M. *et al.* Cottonseed cake as a substitute of soybean meal for goat kids. **Italian Journal of Animal Science.** v.18, p.124–133, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1490633>>
- BLASI, D.A.; BROUK, M.J.; DROUILLARD, J.S. *et al.* **Corn gluten feed, composition and feeding value for beef and dairy cattle.** Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension, 2001. Disponível em: <<https://www.bookstore.ksre.ksu.edu/pubs/MF2488.pdf>>
- BRODERICK, G.A.; MERTENS, D.R.; SIMONS, R. Efficacy of Carbohydrate Sources for Milk Production by Cows Fed Diets Based on Alfalfa Silage. **Journal of Dairy Science.** v.85, p.1767–1776, 2002. Disponível em: <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74251-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74251-3)>
- BUENO, A.V.I.; LAZZARI, G.; JOBIM, C.C. *et al.* Ensiling total mixed ration for ruminants: A

- review. **Agronomy**, v. 10, n. 6, 2020.
- CARDOSO, R.R 2020. AVALIAÇÃO DE COPRODUTOS ENSILADOS DA INDÚSTRIA DO MILHO EM DIETAS DE VACAS EM LACTAÇÃO 51. CPATC-DOCUMENTOS-2-NUTRICAÇÃO-DO-BOVINO-DE-CORTE-CONFINADO, n.d. 2020.
- CRUZ, G.M. Composition and potencial utilization of crop residues and forrages within the digestive tract of ruminants as predicted by laboratory techniques. Iowa. 224 p. **Thesis** (Doctor of Philosophy) - Iowa State University, 1983.
- FERREIRA, L.B. **Utilização de misturas de coprodutos em rações de vacas leiteiras**. 2016. 42f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Veterinária e Zootecnia, Goiania, 2016.
- GONÇALVES, M.F.; OLIVEIRA, M.V; NOGUEIRA, H.C.R. *et al.* Desempenho de novilhas alimentadas com coprodutos da indústria do milho ou do ácido cítrico. **Vet. Not. Uberlândia**. v.20(1), p.28-36, 2014.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Quantidade de leite cru adquirido e industrializado no mês e no trimestre (Mil Litros), 3º trimestre 2023. Brasília: Ipea; IBGE, 2023. Disponível em:
<<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9209-pesquisa-trimestral-do-leite.html>> Acesso em: dez de 2023.
- KLOPFENSTEIN, T.; OWEN, F.G. Value and Potential Use of Crop Residues and By-Products in Dairy Rations. **Journal of Dairy Science**. 64, 1250–1268, 1981. Disponível em:
<[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(81\)82699-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(81)82699-9)>

- KONONOFF, P.J.; IVAN, S.K.; MATZKE, W. *et al.* Milk Production of Dairy Cows Fed Wet Corn Gluten Feed During the Dry Period and Lactation. **Journal of Dairy Science** v.89, p.2608–2617, 2006. Disponível em: <[https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72338-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72338-4)>
- LALONI, L.A.; NÄÄS, I.A.; MACARI, M. *et al.* Índice de previsão de produção de leite para vacas Jersey. **Eng. Agríc.** v.24, p.246–254, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-69162004000200002>
- LEAL, V.O.; LEITE JÚNIOR, M.; MAFRA, D. Acidose metabólica na doença renal crônica: abordagem nutricional. **Rev. Nutr.** v.21, p.93–103, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-52732008000100010>>
- LIMA, M.L.M. Análise comparativa da efetividade da fibra de volumosos e subprodutos. [Tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; 2003.
- LITZ, F.H.; FERNANDES, E.A.; PIMENTA, C.C. *et al.* Avaliação bromatológica e digestibilidade “in vitro” de rações para bovinos formuladas com coprodutos da indústria do milho e do ácido cítrico. **Vet. Not.** n.20, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.14393/VTv20n2a2014.23560>>
- MENEGHETTI, C.D.C.; DOMINGUES, J.L. 2008. **Características nutricionais e uso de subprodutos da agroindústria na alimentação de bovinos.** 2008.
- MESCHIATTI, M.A.P., 2015. Substituição do milho moído por co-produtos da indústria de processamento do ácido cítrico em dietas de terminação de bovinos em confinamento (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens). Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/D.11.2015.tde-17092015-151824>>

- MONÇÃO, F.P.; OLIVEIRA, E.R.; GABRIEL, A.M.A. Nutritional parameters of leaf blade from different tropical forages. **Scientia Agraria Paranaensis**. v.15, n.2, p.185-193, 2016.
- NERI, J. *et al.* Silagem de TMR (total mixed ration) e PMR (partial mixed ration) para vacas leiteiras: desafios e oportunidades. In: Simpósio Internacional de Produção e Nutrição de Gado de Leite, 2019, Uberlândia. **Anais...** Belo Horizonte: FEPMVZ, set. 2019, p. 10-16.
- NRC National Research Council. **Nutrient requirements of domestic animal**. Nutrient requirements of dairy cattle, 7.ed.revisada Washington: National Academy of Science. p. 408, 2001.
- OLIVEIRA, E.R.; MONÇÃO, F.P.; GABRIEL, A.M.A. Ruminal degradability of neutral detergent fiber of *Cynodon* spp. grasses at four regrowth ages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v. 36, n. 2, p. 201- 208, 2014.
- OWEN, E., VELAZQUEZ, J.E. O enfoque “pastejo” para ruminantes confinados alimentados com resíduos de culturas e outras forragens de baixa qualidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Lavras, MG, 29, 1992. **Anais...** Lavras: SBZ, p. 253 - 274, 1992.
- PAIVA, J.A.J. Níveis de amônia Anidra, Períodos de Amonização e de Aeração sobre a Composição Químico-Bromatológica e a Degradabilidade “In Situ” da Palhada de Milho (*Zea mays* L.). Viçosa, MG. 162p. **Tese** (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1992.
- PEDROSO, A.M.; SANTOS, F.A.P.; BITTAR, C.M.M. Substituição do milho em grão por farelo de glúten de milho na ração de vacas em lactação em confinamento. **R. Bras. Zootec.** v.38, p.1614–1619, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000800028>>

- PEREIRA, L.G.R. *et al.* **O milho na alimentação de gado de leite**. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P.D.S. Alimentos para gado de leite. Belo Horizonte: FEPMVZ. p. 240-269, 2009.
- QUEIROZ, A.C.; BARBOSA, M.A.; RESENDE, F.D. Suplementação da Palhada de Milho na Alimentação de Bovinos. 1. Consumo, Taxa de Passagem da Matéria Seca, Degradação In situ da Matéria Seca e da Fibra em Detergente Neutro. **R. Bras. Zootec.** v.27, n.2, p.381-389, 1998.
- REIS, R.A.; RUGGIERI, A.C.; CASAGRANDE, D.R. Suplementação da dieta de bovinos de corte como estratégia do manejo das pastagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.147-159, 2009.
- RIBEIRO FILHO, H.M.N.; GIACOMET, C.D.; DIAS, K.M. *et al.* Farelo de glúten de milho para vacas leiteiras em pastos de azevém anual. **Cienc. Rural.** v.39, p.1162–1168, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000018>>
- ROCHA FILHO, R. R. **Efeitos da polpa de citrus e do milho sobre Itens ruminais**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998. 71 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1998.
- SALVADOR, S.C.; PEREIRA, M.N.; SANTOS, J.F. *et al.* Resposta de vacas leiteiras à substituição total de milho por polpa cítrica e à suplementação com microminerais orgânicos II: desempenho e economia. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.60, p.1142–1149, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-09352008000500016>>

- SILVA, F.F.; SÁ, J.F.; SCHIO, A.R.; ÍTAVO, L.C.V.; SILVA, R.R.; MATEUS, R.G. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia** v.38, p.371-389, 2009.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3a ed. UFV. Viçosa, p.235, 2002.
- SILVA, R.L.N.V.; OLIVEIRA, R.L.; CARVALHO, G.G.P. *et al.* Degradabilidade ruminal e balanço energético em vacas leiteiras a pasto suplementadas com torta de dendê. **Rev. Bras. Saúde Prod. Anim.** Salvador, v.13, n.2, p.503-515, 2012.
- STOCK, R.A.; LEWIS, J.M.; KLOPFENSTEIN, T.J. *et al.* Review of new information on the use of wet and dry milling feed by-products in feedlot diets. **Journal of Animal Science**. v.77, p.1-12, 1999. Disponível em: <<https://doi.org/10.2527/jas2000.77E-Suppl1w>>
- SWAIN S.M; ARMENTANO L.E. Quantitative evaluation of fiber from nonforage sources used to replace alfalfa silage. **J. Dairy Sci.** v.77, p.2318-2331, 1994.
- TOMICH, T.R.; MACHADO, F.S.; PEREIRA, L.G.R. *et al.* **Nutrição de precisão na pecuária leiteira**. 2015.
- VAN SOEST, P.J. *et al.* Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca, New York: Cornell University Press, p. 476, 1994.
- VELASCO, F. O. *et al.* Hidróxido de sódio em resíduos agroindustriais para ruminantes. In: GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; FERREIRA, P. D. S. **Alimentos para gado de leite**. Belo Horizonte: FEPMVZ, p. 209-239, 2009.

1 **CAPÍTULO 1: *Silagem de dieta total com coprodutos do milho e do ácido cítrico para vacas***
2 ***em lactação***

3 João Vitor Ananias Araújo

4 *Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes*

5 Flávio Pinto Monção³

6 *Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes, Departamento de Ciências Agrárias*

7 **Resumo**

8 Objetivou-se avaliar estratégias de fornecimento dos coprodutos, micélio, raffinate, palha de
9 milho e Goldenmil nas dietas de vacas mestiças em lactação sobre o consumo e
10 digestibilidade dos nutrientes, parâmetros sanguíneos, comportamento ingestivo, produção
11 e composição do leite. Foram utilizadas 15 vacas $\frac{3}{4}$ Holandês x $\frac{1}{4}$ Gir com peso inicial médio
12 de 588 ± 4 kg e 80 ± 5 dias de lactação. Foram avaliadas três dietas experimentais: dieta
13 controle, sem inclusão de coprodutos do milho e do ácido cítrico; dieta completa *in natura*,
14 contendo coprodutos do milho e do ácido cítrico; dieta completa ensilada contendo
15 coprodutos do milho e do ácido cítrico. Foi utilizado o delineamento em quadrado latino
16 triplo, sendo três tratamentos, três períodos de amostragem e coleta de dados. O
17 experimento teve 63 dias de duração, sendo 14 dias para adaptação dos animais ao manejo
18 e a dietas e 7 dias para coleta de dados e amostragem. A relação volumoso:concentrado nas
19 três dietas experimentais foi de aproximadamente 36:64 na base da matéria seca (MS). As
20 vacas alimentadas com a dieta controle consumiram 11,47 kg de MS a mais em relação
21 àquelas alimentadas com a dieta completa ensilada (média de 14,83 kg/dia). O menor
22 consumo de proteína bruta ($P < 0,01$), extrato etéreo ($P = 0,02$), carboidratos não fibrosos

³ Corresponding author: Tel.: 38-3821-2756

E-mail address: moncaomoncao@yahoo.com.br

23 (CNF; $P < 0,01$), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp; $P < 0,01$),
24 fibra em detergente neutro indigestível (FDNi; $P < 0,01$), fibra em detergente neutro
25 potencialmente digestível (FDNpd; $P < 0,01$) foi verificado nas vacas que receberam TMR
26 ensilada com os coprodutos do milho e do ácido cítrico. Não houve diferença ($P > 0,05$) entre
27 as dietas sobre a digestibilidade da MS, proteína bruta, extrato etéreo, CNF, FDNcp e NDT,
28 média de 615,8; 666,6; 996,0; 943,3; 465,9 e 619,2 g/ kg de MS, respectivamente. As vacas
29 alimentadas com dietas controle e dieta *in natura* produziram leite 23,20% a mais em
30 relação àquelas que receberam a TMR ensilada com os coprodutos do milho e do ácido
31 cítrico. A eficiência alimentar das vacas que receberam a TMR ensilada foi 22,83% superior
32 às demais (média de 1,25 kg de leite/kg de MS). Não houve diferença entre as dietas sobre o
33 teor de gordura ($P = 0,84$), lactose ($P = 0,12$), sólidos totais ($P = 0,17$) e contagem de células
34 somáticas ($P = 0,89$). Considerando os aspectos de produção e consumo a dieta *in natura*
35 apresentou resultados semelhantes a dieta controle, mostrando assim o potencial do uso
36 dos coprodutos na alimentação de vacas leiteiras.

37 **Palavras-chave:** Micélio, Raffinate, Goldenmill, Palha de milho, Polpa Cítrica.

38 **Abstract**

39 The objective was to evaluate strategies for supplying co-products, mycelium, raffinate, corn
40 straw and Goldenmil in the diets of crossbred lactating cows on the consumption and
41 digestibility of nutrients, blood parameters, ingestive behavior, milk production and
42 composition. Fifteen $\frac{3}{4}$ Holstein x $\frac{1}{4}$ Gyr cows with an average initial weight of 588 ± 4 kg and
43 80 ± 5 days of lactation were used. Three experimental diets were evaluated: control diet,
44 without inclusion of corn co-products and citric acid; complete fresh diet, containing corn
45 and citric acid co-products; complete ensiled diet containing corn and citric acid co-products.
46 A triple Latin square design was used, with three treatments, three sampling periods and
47 data collection. The experiment lasted 63 days, with 14 days for adapting the animals to
48 handling and diets and 7 days for data collection and sampling. The forage:concentrate ratio
49 in the three experimental diets was approximately 36:64 on a dry matter (DM) basis. Cows
50 fed the control diet consumed 11.47 kg more DM compared to those fed the complete
51 ensiled diet (average of 14.83 kg/day). The lowest consumption of crude protein ($P < 0.01$),
52 ether extract ($P = 0.02$), non-fibrous carbohydrates (CNF; $P < 0.01$), neutral detergent fiber
53 corrected for ash and protein (NDFcp; $P < 0.01$), indigestible neutral detergent fiber (iNDF;
54 $P < 0.01$), potentially digestible neutral detergent fiber (pdNDF; 496 $P < 0.01$) were found in
55 cows that received TMR ensiled with corn co-products and citric acid. There was no
56 difference ($P > 0.05$) between the diets on the digestibility of DM, crude protein, ether
57 extract, CNF, NDF and TDN, average of 615.8; 666.6; 996.0; 943.3; 465.9 and 619.2 g/kg DM,
58 respectively. Cows fed control and fresh diets produced 23.20% more milk compared to
59 those fed TMR ensiled with corn and citric acid co-products. The feed efficiency of cows that
60 received the ensiled TMR was 22.83% higher than the others (average of 1.25 kg of milk/kg
61 of DM). There was no difference between the diets regarding fat content ($P = 0.84$), lactose

62 (P=0.12), total solids (P=0.17) and somatic cell count (P=0.89). Considering the production
63 and consumption aspects, the fresh diet presented similar results to the control diet, thus
64 showing the potential for using co-products in feeding dairy cows.

65 **Keywords:** Mycelium, Raffinate, Goldenmill, Corn Husk, Citrus Pulp.

66 1 INTRODUÇÃO

67 Em nível global, 1,3 bilhão de toneladas de alimentos são perdidos ou
68 desperdiçados a cada ano (FAO, 2019). Para minimizar os impactos ambientais gerados
69 pelos desperdícios de alimentos, a transformação destes em coprodutos como
70 ingredientes na alimentação de ruminantes é uma estratégia de grande relevância (Rakita
71 et al., 2021; Silva et al., 2022; Vastolo et al., 2022).

72 No Brasil, são produzidos volumes expressivos de coprodutos passíveis de
73 utilização na alimentação de bovinos, sendo sua disponibilidade algumas vezes
74 regionalizada (Silva et al., 2021). De acordo com Silvestre e Millen (2019), em média,
75 82,28 % dos confinamentos brasileiros usam algum tipo de coproduto como ingrediente
76 na dieta de bovinos.

77 Esses coprodutos são provenientes da produção industrial e/ou do processamento
78 secundário de produtos agrícolas como frutas e grãos. Nas dietas, esses coprodutos
79 podem ser fontes de energia, proteína (aminoácidos) e fibra efetiva, com preços
80 competitivos, principalmente em cenários de altos preços de *commodities* convencionais.
81 Sua inclusão na dieta pode ocorrer a partir da substituição de alimentos concentrados,
82 alimentos volumosos ou de ambos, sendo necessário conhecimento detalhado de sua
83 composição química e das exigências dos animais para garantir uma dieta total
84 balanceada.

85 Na produção mundial de ácido cítrico, por exemplo, que ocorre pela via
86 fermentativa, o fungo *Aspergillus niger*, na presença de oxigênio, converte açúcares em
87 ácido cítrico. A biomassa residual desse processo de produção denomina-se de Micélio e
88 Raffinate (Gonçalves et al., 2014; Litz et al., 2015). Esses dois coprodutos são
89 caracterizados pela presença de fungo inativado, substratos para crescimento e resíduos

90 de açúcares. São coprodutos com potencial de uso na alimentação de ruminantes devido
91 serem fontes de proteína bruta e energia (Gonçalves et al., 2014; Litz et al., 2015).
92 Conforme estes autores, os teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta, extrato
93 etéreo, fibra em detergente neutro (FDN) e nutrientes digestíveis totais (NDT) do micélio,
94 expressos em g/kg, são 350, 17, 190, 30, 670 e 633, respectivamente. Na mesma ordem e
95 unidade, os valores médios para composição do raffinate são 580, 47, 132, 1, 0 e 900
96 g/kg de MS, respectivamente. Contudo, há lacunas quanto à melhor forma de utilização
97 desses coprodutos na dieta de ruminantes.

98 Na nutrição de vacas leiteiras, o termo dieta total ou do inglês TMR refere-se a um
99 método de alimentação animal em que os alimentos concentrados e volumosos
100 (geralmente silagem) são misturados juntos, podem ser ensilados, e ofertados como
101 alimento completo. A utilização da dieta total proporciona vantagens sobre os métodos
102 convencionais de fornecer concentrado separado do volumoso, destacando-se menor
103 variação no consumo voluntário de volumoso e suprimento mais constante de nutrientes
104 para os microrganismos ruminais. Ainda, pode conferir melhor estabilidade do pH
105 ruminal, maior eficiência de utilização da energia e proteína disponível no retículo-rúmen
106 e a possibilidade de inclusão de coprodutos das agroindústrias não convencionais como o
107 micélio e raffinate.

108 Entretanto, nem sempre os produtores dispõem de mão de obra, equipamentos,
109 estrutura para armazenamento de insumos e conhecimento para produzir e oferecer
110 uma dieta total balanceada a seus animais. Nesse sentido, uma alternativa que vem
111 crescendo na pecuária leiteira é a comercialização da silagem de TMR. Apesar de não ser
112 uma prática muito recente e do crescente uso e interesse por parte de produtores, pouco
113 tem sido estudada tal estratégia no Brasil (Schmidt et al., 2018). Não há na literatura

114 estudos sobre o uso de dietas TMR ensiladas contendo coprodutos micélio e raffinate
115 para vacas em lactação. Ainda, há lacunas no conhecimento quanto à melhor forma de
116 inclusão dos coprodutos micélio e raffinate na dieta total de vacas em lactação. Uma
117 estratégia é a silagem de TMR com a inclusão dos coprodutos. Outra forma é inserir os
118 coprodutos na TMR *in natura*. Hipotetiza-se que a silagem da dieta TMR contendo
119 coprodutos micélio e raffinate irá promover melhor eficiência alimentar nas vacas em
120 lactação.

121 Com base no exposto, objetivou-se avaliar a utilização de coprodutos do milho e
122 do ácido cítrico na dieta total *in natura* ou ensilada para vacas mestiças em lactação.

123 **2 MATERIAL E MÉTODOS**

124 Todos os procedimentos de cuidado e manejo dos animais foram aprovados pelo
125 Comitê de Ética em Experimentação e Bem-Estar Animal da Universidade Federal de
126 Uberlândia, protocolo CEUA- 064/2018.

127 **2.1 Local e manejo dos animais**

128 O experimento foi conduzido no Setor de Bovinocultura de Leite da Fazenda
129 Experimental do Glória da 561 Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas
130 Gerais, Brasil. O estudo incluiu 15 vacas mestiças $\frac{3}{4}$ Holandês x $\frac{1}{4}$ Gir com peso inicial
131 médio de 588 ± 4 e 80 ± 5 dias de lactação ao início do experimento, com média de idade
132 de 62 meses. Os animais foram mantidos em baias individuais com tela de
133 sombreamento experimental (4 x 6 metros) dotadas de cocho e bebedouro.

134 **2.2 Dietas experimentais e manejo**

135 Foram avaliadas três dietas experimentais. Dieta controle, dieta completa sem
136 inclusão de coprodutos do milho e do ácido cítrico; Dieta completa (TMR) *in natura*

137 contendo os coprodutos do milho e do ácido cítrico; dieta completa ensilada contendo
138 coprodutos do milho e do ácido cítrico. A relação volumoso:concentrado nas três dietas
139 experimentais foi de aproximadamente 36:64 na base da matéria seca (MS). Foi utilizado
140 o delineamento em quadrado latino, sendo três tratamentos, cinco repetições e três
141 períodos de coletas. O experimento teve 63 dias de duração, sendo 14 dias para
142 adaptação dos animais ao manejo e a dietas e 7 dias para coleta de dados e amostragem
143 (divididos em 3 períodos).

144 A primeira etapa de produção consistiu na mistura da dieta por meio do vagão
145 forrageiro modelo RC295 HELN (Kuhn Knight Inc., Brodhead, WI). A dieta foi ensilada com
146 uso da compactadora Orkel modelo 576 MP2000 (Orkel, Fannrem, Norway). No total
147 foram confeccionados 12 silos fardos cilíndricos, com dimensão de 1,2 metros de altura
148 por 1,15 metros de diâmetro e aproximadamente 1.000 kg de matéria natural. Durante a
149 compactação e enfardamento, os silos foram revestidos por 8 camadas de filme
150 resistente a UV e espessura de 25 µm. Posteriormente à confecção, eles foram
151 individualmente pesados e em seguida estocados até o momento da abertura.

152 As dietas foram formuladas conforme o NRC (2001) para vacas com média de
153 550 kg de peso corporal (PC) e produção média de leite corrigida para 3,5% de gordura de
154 25 kg dia⁻¹. As dietas foram fornecidas às vacas duas vezes ao dia, às 7 h. e às 14 h. As
155 dietas foram ajustadas diariamente e a quantidade fornecida foi calculada com base nas
156 sobras que representaram 5% do total de matéria seca fornecida. As sobras foram
157 pesadas diariamente. As vacas foram ordenhadas com ordenha mecânica duas vezes ao
158 dia, às 7 h e às 16 h.

159 **2.3 Análises da composição química**

160 Durante o 18° e o 24° dia de cada período experimental, as amostras dos
161 alimentos fornecidos, das sobras e das fezes foram recolhidas diariamente pela manhã e
162 armazenadas em *freezer*. No final de cada período experimental, foi feita uma amostra
163 composta por animal, sendo pré-seca em estufa de ventilação forçada a 55 °C por 72
164 horas. As amostras foram moídas em moinho de facas com peneira com crivos de 1 mm
165 de diâmetro para análises. As amostras dos alimentos, das fezes e das sobras foram
166 analisadas quanto ao teor de matéria seca (INCT-CA G-001/2 e G-003/1), proteína bruta
167 (INCT-CA N-001/2), extrato etéreo (INCT-CA G-004/1), matéria orgânica e cinzas (INCT-CA
168 M-001/2), fibra em detergente neutro (INCT-CA F-002/2) e a fibra em detergente ácido
169 (INCT-CA F-004/2), com as devidas correções para cinzas (INCT-CA M-002/2) e proteínas
170 (INCT-CA N-004/2), teores de compostos nitrogenados insolúveis em detergente neutro
171 (NIDN), lignina (INCT-CA F-005/2), fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) (INCT-
172 CA F-008/2) e os carboidratos não fibrosos seguindo as recomendações descritas em
173 Detmann et al. (2021). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) das dietas foi
174 estimado de acordo com NRC (2001). A proporção dos ingredientes e a composição
175 química das dietas e dos ingredientes utilizados durante o período experimental podem
176 ser verificadas nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1- Proporção dos ingredientes das dietas experimentais

Ingrediente (% da MN)	Dietas experimentais		
	Controle	TMR <i>In natura</i>	TMR ensilada
Feno de capim-Tifton 85	0,5	0	0
Palha de milho	0	1	1
Silagem de milho	36,05	35	35
Milho moído	3,78	0	0
Milho quebrado	0	1,5	1,5
Polpa cítrica	2	0	0
Micélio	0	3	3
Raffinate	0	1	1
Melaço	0	0,5	0,5
Farelo de soja	2,35	1	1
Caroço de algodão	1	1	1
Soypass	0,51	0,3	0,3
Goldenmill	0	7	7
Ureia	0,1	0	0
Núcleo mineral ¹	0,5	0,5	0,5
Bicarbonato de Sódio	0,25	0,25	0,25
Calcário	0	0,12	0,12
Fosfato bicálcio	0,1	0	0

178 ¹ Mistura Mineral, conteúdo por kg do produto: cálcio (192,7 g/kg), fósforo (42 g/kg), sódio (95 g/kg),
 179 magnésio (9,5 g/kg), enxofre (26,5 g/kg), cobalto (55 mg/kg), iodo (22 mg/kg), manganês (1128
 180 mg/kg), selênio (13,5 mg/kg), zinco (2151 mg/kg) e Vitamina A (180.000 UI/kg), Vitamina D (50.000
 181 UI/kg), Vitamina E (1.600 UI/kg) e Monensina (500 mg/kg).

Tabela 2- Composição química das dietas experimentais

Itens (g/kg de matéria seca)	Dietas experimentais		
	Controle	TMR <i>In natura</i>	TMR ensilada
Matéria seca	438,6	372,4	354,4
Cinzas	72,7	73,9	74,8
Matéria orgânica	927,3	926,1	925,2
Proteína bruta	136,3	147,5	159,1
Extrato etéreo	23,7	24,0	24,4
Fibra em detergente neutro	543,4	552,3	490,0
FDNcp	490,5	500,4	458,2
Fibra em detergente ácido	316,5	276,6	283,8
Lignina	56,2	41,9	38,7

183 FDNcp - Fibra insolúvel em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDNi - Fibra
 184 insolúvel em detergente neutro indigestível.

185 2.4 Degradabilidade *in situ*

186 O experimento de incubação *in situ* seguiu a metodologia descrita por Orskov e
187 Mcdonald (1979). Foram usados dois novilhos mestiços canulados no rúmen, com peso
188 médio de 490 ±40 kg. Os animais foram adaptados por 14 dias à dieta contendo 4 kg de
189 concentrado (24% de PB e 70% de NDT), divididos em duas refeições, de manhã e à tarde,
190 além do fornecimento de volumosos a base de silagem de Milho. Foram utilizados sacos de
191 fibra sintética do tipo tecido não tecido (TNT, gramatura 150), medindo 12 x 7 cm, com
192 porosidade aproximada de 60 µm conforme Casali et al. (2009), com volume de amostra
193 seguindo uma relação de 20 mg de MS/cm² de área superficial do saco (Nocek, 1988).

194 Foram avaliadas todas as dietas experimentais em cada período experimental. As
195 amostras foram depositadas na região do saco ventral do rúmen por 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 e
196 96, 120 e 144 horas. Sendo os sacos colocados em ordem inversa, iniciando com o tempo de
197 144 horas. Depois de retirados do rúmen, os sacos foram lavados em água fria corrente até
198 que a água dos sacos saísse limpa. Os sacos relacionados ao tempo zero não foram
199 incubados no rúmen, mas foram lavados em água fria corrente junto com os demais.
200 Posteriormente, todas as amostras foram retiradas e lavadas em água fria, visando
201 paralização da fermentação ruminal. Posteriormente, as amostras foram colocadas em
202 estufas a 55°C, durante 72 horas e após, resfriado em dessecador e pesados. Os resíduos
203 remanescentes nos sacos de tecido não tecido recolhidos no rúmen foram analisados
204 quanto aos teores de MS, PB e FDN. A porcentagem de degradação foi calculada pela
205 proporção de alimentos remanescentes nos sacos após a incubação ruminal.

206 Os dados obtidos foram ajustados para uma regressão não linear pelo método de
207 Gauss-Newton (Neter et al., 1985), por meio do software SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA),
208 conforme a equação proposta por (Orskov; Mcdonald, 1979): $Y=a+b \times (1-e^{-ct})$, em que: Y =

209 degradação acumulada do componente nutritivo analisado, após o tempo t ; a = intercepto
210 de curva de degradação quando $t = 0$, que corresponde à fração solúvel em água do
211 componente nutritivo analisado; b = potencial da degradação da fração insolúvel em água
212 do componente nutritivo analisado; $a+b$ = degradação potencial do componente nutritivo
213 analisado quando o tempo não é fator limitante; c = taxa de degradação por ação
214 fermentativa de b ; t = tempo de incubação. Depois de calculados, os coeficientes a , b e c
215 foram aplicados à equação proposta por Ørskov e McDonald (1979): $DE=a+(b \times c/c+k)$, em
216 que: DE = degradação ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; k = taxa de
217 passagem do alimento. Assumiu-se taxa de passagem de partículas no rúmen de 5% por
218 hora, conforme sugerido pelo AFRC (1993).

219 A degradabilidade da FDN foi estimada utilizando-se o modelo de Mertens e Loften
220 (1980): $R_t = B \times e^{-ct} + I$, em que R_t = fração degradada no tempo t ; B =fração insolúvel
221 potencialmente degradável e I = fração indigestível. Após os ajustes da equação de
222 degradação da FDN, procedeu-se à padronização de frações, conforme proposto por Waldo
223 et al. (1972), utilizando-se as equações: $B_p = B/(B+I) \times 100$; $I_p = I/(B+I) \times 100$, em que: B_p =
224 fração potencialmente degradável padronizada (%); I_p = fração indigestível padronizada (%);
225 B =fração insolúvel potencialmente degradável e I = fração indigestível. No cálculo da
226 degradabilidade efetiva da FDN, utilizou-se o modelo: $DE= B_p \times c/(c+k)$, em que B_p é a fração
227 potencialmente degradável (%) padronizada.

228 **2.5 Consumo e digestibilidade dos nutrientes**

229 O consumo de matéria seca (MS) foi calculado diariamente através da quantidade de
230 alimentos fornecida subtraída as sobras.

231 A estimativa da produção de matéria seca fecal foi feita empregando-se a fibra em
232 detergente neutro indigestível (FDNi) como indicador interno. Amostras dos alimentos, das
233 sobras e das fezes, moídas em moinho de facas com peneira com crivos de 2 mm de
234 diâmetro, foram incubadas em dois bovinos mestiços adultos, pesando 490 ± 40 kg, idade
235 média de 8 anos, fistulado no rúmen, durante 288 horas, seguindo metodologia (INCT-CA F-
236 009/2) apresentada por Detmann et al. (2021). O coeficiente de digestibilidade de todos os
237 nutrientes foi calculado utilizando a seguinte equação: [quantidade ingerida–quantidade
238 excretada nas fezes] / quantidade ingerida. Com base nos coeficientes de digestibilidade foi
239 calculado o valor de nutrientes digestíveis totais.

240 **2.6 Parâmetros sanguíneos**

241 No 21º dia de cada período experimental, amostras de sangue foram retiradas por
242 venipunção jugular com seringas de 10 mL pela manhã antes do fornecimento da dieta e até
243 8 horas após alimentação dos animais com intervalos de 2 horas. Após a coleta, 4 mL de
244 sangue foram transferidos para tubos, sendo um para a análise de glicose, um para a análise
245 de ureia e outro tubo para a análise de ácidos graxos não esterificados (AGNE) e para beta-
246 hidroxibutirato (B-HBA)., que permaneceram em descanso para coagulação completa.
247 Posteriormente, as amostras foram centrifugadas (3000 rpm por 10 minutos). O soro foi
248 retirado e armazenado a temperatura de -20°C . No soro, foram determinados os parâmetros
249 de metabolismo energético: glicose (colorimétrico-enzimático de Trinder), beta-
250 hidroxibutirato (B-HBA) (enzimático UV) e ácidos graxos não esterificados (AGNE)
251 (colorimétrico) através de kits de ensaios de diagnósticos (RANDOX Laboratories Ltd.,
252 Ardmore, Diamond Road, Crumlin, Co. Antrim, United Kingdom). Todos os metabólitos

253 sanguíneos foram determinados utilizando espectrofotômetro automático (Labmax Plenno,
254 Labtest Diagnóstico S.A., Lagoa Santa, MG, Brasil).

255 **2.7 Comportamento ingestivo**

256 Durante o período de coletas as vacas foram submetidas à observação visual para
257 avaliação do comportamento ingestivo. Durante a observação noturna, o ambiente foi
258 mantido com iluminação artificial, estabelecida três dias antes da avaliação do
259 comportamento ingestivo para que os animais se adaptassem a essa condição. Foi realizada
260 a observação visual de cada animal a cada 5 minutos, durante 24 horas, para determinação
261 dos tempos despendidos com alimentação (TA), ruminação (TR) e ócio (TO) de acordo com
262 metodologia descrita por Mezzalira et al. (2011).

263 **2.8 Produção e composição do leite, peso corporal e escore de condição corporal (ECC)**

264 Durante os seis últimos dias de cada período experimental, foram registradas as
265 produções de leite por vaca. A correção do leite para 4% de gordura (LCG 4%) foi realizada
266 segundo o NRC (1989), empregando-se a equação: $LCG\ 4\% = (0,4 \times \text{kg leite}) + (15 \times \text{kg de}$
267 $\text{gordura do leite})$. As amostras de leite de cada animal foram coletadas duas vezes ao dia nos
268 últimos seis dias de cada período, sendo feito um *pool* das amostras das ordenhas da manhã
269 e da tarde, proporcionalmente à quantidade produzida. Em frascos contendo o conservante
270 Bronopol foram adicionados e homogeneizados 50 mL das amostras de leite, para
271 determinação dos teores de gordura, proteína, sólidos totais e nitrogênio ureico do leite
272 (NUL) pelo método infravermelho. A eficiência alimentar foi calculada pela divisão da
273 produção média de leite (kg/dia) pela ingestão de MS (kg/dia) (Valadares Filho et al., 2000).

274 Para quantificar o peso corporal dos animais, ao início e final de cada período
275 experimental, foi utilizada balança mecânica (Valfran, Votuporanga, São Paulo, Brasil). Os

276 escores de condição corporal (ECC) foram avaliados por um único técnico, ao início e final de
277 cada período experimental, utilizando-se escala de 1 a 5 pontos com intervalos de 0,25
278 (Ferguson et al., 1994).

279 **2.9 Análises estatísticas**

280 Os dados foram avaliados por análise de variância utilizando o SISVAR[®], versão 5,6
281 (Ferreira et al., 2014). Foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk a
282 5% de probabilidade. O modelo estatístico utilizado foi $Y_{(ijk)} = \mu + T_i + P_k + \varepsilon_{ijk}$, onde $Y_{(ijk)}$ é a
283 observação referente ao tratamento "i", no período k, animal j; μ é uma constante
284 associada a todas as observações; T_i é o efeito do tratamento, com $i = 1, 2$ e 3 ; P_k é o efeito
285 do período i, com $i = 1, 2$ e 3 ; $\varepsilon_{k(ijl)}$ é o erro experimental associado a todas as observações
286 (Y_{ijk}), que é independente e, por hipótese, tem uma distribuição normal com média zero e
287 variância δ^2 . Os tratamentos (T_i) foram considerados como efeitos fixos; e os blocos (B_j),
288 período experimental (P_i), e o erro ($e_{k(ijl)}$) foram efeitos aleatórios.

289 O ensaio de degradabilidade ruminal da MS, PB e FDN foi conduzido em
290 delineamento em blocos casualizados em parcelas subdivididas, sendo três tratamentos
291 (parcelas) e 10 tempos de incubação (subparcelas) e cinco repetições. Os dados foram
292 submetidos à análise de variância usando o procedimento MIXED do SAS, version 9.4 (SAS
293 Institute, Cary, NC, USA), respectivamente, a 5% de probabilidade, segundo o modelo: $Y_{ijk} = \mu$
294 $+ \tau_i + \text{Tempo}_j + \tau_i \times \text{Tempo}_j + \varepsilon_{ijk}$, em que: Y_{ijk} é a observação ijk ; μ , a média geral; τ_i , o
295 efeito fixo do tratamento aplicado à parcela, com $i = 1, 2$ e 3 ; Tempo_j , efeito fixo do tempo de
296 incubação j; o efeito aleatório do animal k; $T_i \times \text{Tempo}_j$, o efeito de interação do tratamento
297 i e tempo j; ε , o erro aleatório com média 0 e variância σ^2 .

298 Comparações entre as médias das dietas foram realizadas por meio do teste de
 299 Tukey. Os valores médios foram considerados diferentes quando $\alpha < 0,05$.

300 3 RESULTADOS

301 Houve diferença entre as dietas sobre a degradabilidade ruminal da MS (Tabela 3). A
 302 fração prontamente solúvel da MS (Fração a) na TMR *in natura* e TMR ensilada com os
 303 coprodutos do milho e do ácido cítrico foi 24,83% superior ($P < 0,01$) a dieta controle (média
 304 de 20,02%). A fração insolúvel potencialmente degradável da MS (Fração b) foi maior
 305 ($P < 0,01$) na dieta controle em comparação a TMR *in natura* e TMR ensilada. Não houve
 306 diferença entre as dietas quanto a taxa de degradação da Fração b, média de 1,20%/hora.

307
 308 **Tabela 3-** Degradabilidade ruminal da matéria seca e fração fibrosa de dietas contendo
 309 coprodutos do milho e do ácido cítrico para vacas leiteiras em lactação

Item	Dietas experimentais			EPM	P-valor
	Controle	TMR <i>In natura</i>	TMR ensilada		
<i>Matéria Seca (%)</i>					
Fração "a"	20,02 b	26,07 a	27,20 a	0,75	<0,01
Fração "b"	77,18 a	60,55 b	64,08 b	2,07	<0,01
Taxa de degradação "c", (%/hora)	1,00	1,20	1,40	<0,01	0,40
Degradabilidade Potencial	97,20 a	86,62 b	91,28 ab	2,45	0,04
Degradabilidade Efetiva - 5%	33,95 b	37,45 ab	41,42 a	1,32	0,01
Tempo de colonização, hora	6,68 b	11,10 a	8,31 ab	0,72	0,01
<i>Fibra em detergente neutro (%)</i>					
Fração "B" padronizada	53,39 b	54,44b	60,67 a	1,51	0,01
Taxa de degradação "c" (%/hora)	2,40	2,00	2,80	<0,01	0,24
Tempo de colonização, hora	11,09	11,37	10,87	0,62	0,85
Ip, %	46,61 a	45,55 a	39,32 b	1,51	0,01
Degradabilidade Efetiva - 5%	16,5	15,09	20,03	1,65	0,15

310 Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de tukey ($P > 0,05$).

311 Ip – fração indigestível padronizada; Degradabilidade efetiva- AFRC (1995); EPM – Erro padrão da média;

312 p- Probabilidade.

313 A degradabilidade potencial da MS na dieta controle foi 10,88 % superior (P=0,04) em
314 relação a dieta *in natura*. A degradabilidade efetiva da MS (P=0,01) e Fração B padronizada
315 (P=0,01) da FDN foi maior na dieta TMR ensilada. O maior tempo de colonização (P=0,01)
316 microbiana da MS foi verificada na dieta *in natura*. Não houve diferença entre as dietas
317 sobre a taxa de degradação da fração fibrosa (média de 2,4 %/hora), tempo de colonização
318 microbiana (média de 11,11 horas) e degradabilidade efetiva (média de 17,20%).

319 As vacas alimentadas com a dieta controle consumiram 11,47 kg de MS a mais em
320 relação a dieta TMR ensilada (média de 14,83 kg/dia). O menor consumo de proteína bruta
321 (P<0,01), extrato etéreo (P=0,02), carboidratos não fibrosos (CNF; P<0,01), fibra em
322 detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp; P<0,01), fibra em detergente
323 neutro indigestível (FDNi; P<0,01), fibra em detergente neutro potencialmente digestível
324 (FDNpd; P<0,01) foi verificado nas vacas que receberam dieta TMR ensilada (Tabela 4).

325 **Tabela 4-** Consumo e digestibilidade de nutrientes por vacas mestiça $\frac{3}{4}$ Holandês x $\frac{1}{4}$
 326 Gir em lactação alimentadas com dietas contendo coprodutos

Item	Dietas			EPM	P-valor
	Controle	TMR <i>In natura</i>	TMR ensilada		
<i>Consumo, kg dia⁻¹</i>					
Matéria seca	26,30 a	23,79 b	14,83 c	0,56	<0,01
Proteína bruta	3,72 a	3,55a	2,34 b	0,12	<0,01
Extrato etéreo	0,56 a	0,55 a	0,43 b	0,04	0,02
CNF	5,80 a	4,79 b	3,72 c	0,24	<0,01
FDNcp	14,24 a	13,09 a	7,22 b	0,44	<0,01
FDNi	4,09 a	3,50 b	2,32 c	0,16	<0,01
FDNpd	10,14 a	9,59 a	4,90 b	0,43	<0,01
NDT	16,69 a	14,43 b	9,37 c	0,63	<0,01
<i>Consumo, %PC</i>					
Matéria seca	4,5 a	3,99 b	2,59 c	0,1	<0,01
Proteína bruta	0,63 a	0,59 a	0,411 b	0,02	<0,01
<i>Digestibilidade, g/kg</i>					
Matéria seca	629,33	599,9	618,3	19,2	0,55
Proteína bruta	649,7	652,7	697,5	19,7	0,17
Extrato etéreo	998,1	991,4	998,5	2,24	0,06
CNF	963,7	912,80	953,3	21,1	0,21
FDNcp	495,3	481,5	420,9	30,4	0,20
NDT	628,4	600,5	628,6	17,05	0,41

327 Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de tukey (P>0,05).
 328 FDN- Fibra em detergente neutro; CNF- Carboidrato não fibroso; NDT - Nutrientes digestíveis totais;
 329 EPM – Erro padrão da média; p- Probabilidade

330 O maior consumo de nutrientes digestíveis totais foi verificado nas vacas que
 331 receberam dieta controle, e o menor consumo nas vacas que receberam a TMR ensilada. Os
 332 menores consumo de MS e nutrientes, expressos em % do PC, foram verificados nas vacas
 333 que receberam dieta TMR ensilada. Não houve diferença (P>0,05) entre as dietas sobre a
 334 digestibilidade da MS, proteína bruta, extrato etéreo, CNF, FDNcp e NDT, média de 615,8;
 335 666,6; 996,0; 943,3; 465,9 e 619,2 g/ kg de MS, respectivamente.

336 Não houve interação (P>0,05) das dietas experimentais com o horário de coleta de
 337 sangue após alimentação dos animais sobre os parâmetros sanguíneos (Tabela 5). Portanto,

338 os fatores serão apresentados isoladamente. A concentração de glicose nas vacas que
339 receberam a TMR *in natura* foi 2,27% e 4,57% superior em relação à dieta controle (média
340 de 59,32 mg/dL) e a dieta TMR ensilada (média de 57,92 mg/dL), respectivamente. As
341 concentrações de glicose no sangue ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão, à
342 medida que aumentou o tempo após alimentação. A concentração mínima de glicose (ponto
343 de mínima) foi verificada 5,85 horas após alimentação das vacas. Não houve efeito das
344 dietas experimentais sobre o teor de ureia no leite (P=0,14), ácidos graxos não esterificados
345 (AGNE; P=0,92) e β -hidroxibutirato (P=0,07), sendo as médias de 33,59 mg/dL, 0,385 mg/dL
346 e 0,483 mg/dL, respectivamente. Quanto a concentração de ureia no plasma e ácidos graxos
347 não esterificados, as médias ajustaram-se ao modelo quadrático de regressão. O ponto de
348 máxima para ureia no plasma e ponto de mínima para AGNE foi de 4,74 horas e 5,22 horas,
349 respectivamente. Para a concentração de β -hidroxibutirato, as médias apresentaram
350 comportamento linear crescente com o aumento do tempo de coleta em relação ao horário
351 de alimentação. Para cada hora que aumentou após alimentação, houve incremento de
352 0,0231 mg/dL de β -hidroxibutirato no sangue das vacas.

353 **Tabela 5-** Parâmetros sanguíneos de vacas mestiças $\frac{3}{4}$ Holandês x $\frac{1}{4}$ Gir em lactação alimentadas com dietas contendo coprodutos do milho e
 354 do ácido cítrico

Item	Dietas			EPM	Tempo após alimentação (horas)					EPM	P-valor		
	Controle	TMR <i>In natura</i>	TMR ensilada		0	2	4	6	8		Dietas	Tempo	Dieta x Tempo
Glicose, mg/dL	59,32 b	60,70 a	57,92 c	0,4	63,68	59,86	57,57	57,57	57,86	0,52	<0,01	<0,01	0,78
N-ureico no plasma, mg/dL	69,84	70,51	75,92	1,1	65,57	70,51	76,67	77,63	70,06	1,42	0,14	0,03	0,36
Ácidos graxos não esterificados, mg/dL	0,395	0,384	0,377	0,03	0,579	0,356	0,295	0,357	0,34	0,03	0,92	<0,01	0,97
β -hidroxibutirato, mg/dL	0,465	0,477	0,509	0,01	0,375	0,450	0,497	0,530	0,566	0,01	0,07	<0,01	0,89

355 Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de tukey ($P > 0,05$).

356 EPM – Erro padrão da média; p- Probabilidade.

357 Equações: $^1 y = 0,1877x^2 - 2,1979x + 63,595$, $R^2 = 0,9905$; $^2 y = -0,2514x^2 + 2,3864x + 30,085$, $R^2 = 0,9041$; $^3 y = 0,0096x^2 - 0,1003x + 0,5572$, $R^2 = 0,8747$; $^4 y = 0,0231x +$
 358 $0,3912$, $R^2 = 0,9682$

359 Houve diferença entre as dietas sobre o comportamento ingestivo das vacas em
 360 lactação (Tabela 6). O tempo em alimentação das vacas que receberam a dieta TMR ensilada
 361 foi 1,05 hora a menos que as vacas que receberam a dieta controle e a TMR *in natura* (média
 362 de 4,65 horas). O maior tempo em ruminação foi verificado nos animais que receberam a
 363 TMR *in natura*. As vacas que receberam a dieta TMR ensilada apresentaram maior tempo
 364 em ócio em comparação a TMR *in natura*.

365 **Tabela 6-** Comportamento ingestivo de vacas mestiças $\frac{3}{4}$ Holandês x $\frac{1}{4}$ Gir em lactação
 366 alimentadas com dietas contendo coprodutos do milho e do ácido cítrico

Item (horas)	Dietas experimentais			EPM	P-valor
	Controle	<i>In natura</i>	TMR		
Alimentação	4,70 a	4,60 a	3,60 b	0,18	<0,01
Ruminação	7,12 ab	9,44 a	7,90 b	0,25	0,01
Ócio	12,20 ab	9,90 b	12,50 a	0,39	0,01

367 Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de tukey (P>0,05).

368 EPM – Erro padrão da média; p- Probabilidade.

369 Não houve diferença entre as dietas experimentais sobre o peso corporal final e o
 370 escore de condição corporal das vacas, média de 588,7 kg e 2,92, respectivamente (Tabela
 371 7). As vacas alimentadas com dietas controle e TMR *in natura* produziram leite 23,20% a
 372 mais em relação aos animais que receberam dieta TMR ensilada.

373 **Tabela 7-** Desempenho produtivo e composição do leite de vacas mestiças $\frac{3}{4}$ Holandês x
 374 $\frac{1}{4}$ Gir em lactação alimentadas com dietas contendo coprodutos do milho e do ácido
 375 cítrico

Item	Dietas			EPM	P-valor
	Controle	TMR <i>In natura</i>	TMR ensilada		
Peso corporal, kg	590,5	598,2	577,4	22,21	0,80
ECC	2,93	2,93	2,91	0,06	0,97
Produção de leite, kg/dia	31,50 a	30,99 a	23,99 b	1,18	<0,01
LGC 4%, kg/dia	34,79 a	33,57 a	26,48 b	1,35	<0,01
Eficiência alimentar, kg de leite/kg de MS	1,20 b	1,31 b	1,62 a	0,03	<0,01
Gordura, %	4,69	4,54	4,64	0,18	0,84
Proteína, %	3,39 a	3,42 a	3,00 b	0,08	<0,01
Lactose, %	4,55	4,54	4,34	0,08	0,12
Sólidos totais, %	13,56	13,47	12,9	0,26	0,17
Nitrogênio ureico no leite, mg dL ⁻¹	14,39 b	13,41 b	16,63 a	0,44	<0,01
Contagem de células somáticas, x 10 ³ /mL	115,6	102,88	107,43	0,98	0,89

376 Médias seguidas de mesma letra na linha, não diferem pelo teste de tukey (P>0,05).

377 EPM – Erro padrão da média; p- Probabilidade.

378 A produção leite de corrigida para 4% de gordura foi menor nas vacas que receberam
 379 dieta TMR ensilada. A eficiência alimentar das vacas que receberam dieta TMR ensilada com
 380 os co-produtos do ácido cítrico foi 22,83% superior às demais dietas (média de 1,25 kg de
 381 leite/kg de MS). Não houve diferença entre as dietas sobre o teor de gordura (P=0,84),
 382 lactose (P=0,12), sólidos totais (P=0,17) e contagem de células somáticas (P=0,89).
 383 Entretanto o teor de proteína no leite foi mais baixo com a TMR ensilada (P=0,01) O teor de
 384 nitrogênio ureico no leite foi maior nos animais que receberam a dieta TMR ensilada.

385 4 DISCUSSÃO

386 A silagem de TMR para vacas em lactação é um método de alimentação que combina
 387 alimentos formulados em uma única mistura de alimentos. Nesta pesquisa, a silagem de
 388 TMR contendo coprodutos do milho e do ácido cítrico apresentou maior Fração “a”,

389 degradabilidade efetiva da MS e degradabilidade potencial da FDN em relação às demais
390 dietas. Um dos fatores que explicam esses resultados é a presença de açúcares
391 intermediários (i.e., dextrose, frutose, glicose, maltose e sacarose) presentes nos coprodutos
392 micélio e raffinate.

393 Na TMR *in natura*, o maior teor de Fração “a” em comparação à dieta controle
394 também é justificável pela presença dos coprodutos. O menor CMS verificado nos animais
395 alimentados com a dieta TMR ensilada justifica o comportamento semelhante para o
396 consumo de nutrientes e menor concentração de glicose no sangue.

397 De acordo com NRC (2021), a estimativa de CMS das vacas em lactação é de 24,24 kg
398 de MS/dia com base na produção de leite acima de 24 kg/dia. Para vacas com produção de
399 15 kg/dia, a estimativa é de 14 kg/dia de MS. Logo, o CMS constatado nos animais desta
400 pesquisa está em consonância com o NRC (2021). Com base na análise de CMS dos animais
401 nos diferentes tratamentos, nota-se que a ingestão de ração afeta a taxa de passagem da
402 digesta, ou seja, maior ingestão aumenta a taxa de passagem e, assim, reduz a
403 digestibilidade (Colucci et al., 1982). Contudo, não foram observadas diferenças na
404 digestibilidade da MS (média de 615,84 g/kg) nem dos nutrientes entre os tratamentos.
405 Esses resultados justificam a maior eficiência alimentar (1,62 kg de leite/kg de MS ingerida)
406 nos animais que receberam a dieta TMR ensilada contendo os coprodutos. Em vacas da raça
407 Holandesa, Kronqvist et al. (2021) registraram eficiência alimentar na ordem de 1,25 kg de
408 leite/kg de MS ingerida, com a utilização de TMR.

409 Quanto aos parâmetros sanguíneos, como indicador do estado nutricional do animal,
410 observaram-se maiores níveis séricos de glicose nos animais que receberam a dieta TMR *in*
411 *natura*. Esses resultados são justificáveis pela rápida conversão dos açúcares intermediários

412 em ácido propiônico no rúmen, principal precursor da gliconeogênese hepática (Van Soest,
413 1994).

414 No que se refere ao tempo de coleta, constatou-se comportamento assincrônico
415 entre a glicose e os níveis de ureia circulante, principalmente no tratamento com a dieta
416 TMR ensilada. Esse resultado permite inferir que o perfil de degradação (taxa de digestão)
417 dos nutrientes glicosídicos no rúmen pode ter limitado a síntese de proteína microbiana. Os
418 carboidratos rapidamente fermentescíveis da dieta podem ter sido convertidos em ácidos
419 graxos de cadeia curta. Esse processo resulta em maior disponibilidade de nitrogênio
420 amoniacal ruminal e, posteriormente, ureia no plasma, leite e urina (Van Soest, 1994).

421 Quanto aos níveis de ureia no plasma, Balda et al. (2000) recomendaram valores
422 entre 15 e 40 mg/dL. Nesta pesquisa, os níveis de ureia no plasma variaram de 30,56 a 36,18
423 mg/dL em função dos tempos de coleta. A média entre os tratamentos foi de 33,59 mg/dL.
424 Esse comportamento dos níveis de ureia sanguínea refletem o consumo de proteína oriunda
425 da dieta e sua taxa de digestão. A ureia no plasma é um indicador sensível, direto e imediato
426 da ingestão de proteína, de forma que excedentes de proteína na dieta são refletidos por
427 aumentos de ureia tanto no sangue quanto no leite, mesmo estando dentro de limites já
428 citados anteriormente como normais (GONZÁLEZ, 2009).

429 Ainda sobre os indicadores básicos do metabolismo energético das vacas em
430 lactação, não houve diferença entre as dietas experimentais sobre os valores de AGNE e β -
431 hidroxibutirato. As alterações sobre esse metabolismo definem o balanço energético
432 negativo (BEN), fator que, por sua vez, gera desequilíbrios que incidem sobre a saúde
433 produtiva e a composição do leite.

434 A concentração sérica de AGNE depende do grau de mobilização do tecido adiposo
435 pelas vacas em resposta ao BEN. Em função dos tempos de coleta, a concentração sérica de

436 AGNE apresentou comportamento quadrático semelhante à glicose. Esse comportamento
437 reforça a discussão sobre a conversão dos carboidratos solúveis presentes na dieta em ácido
438 propiônico.

439 Em relação ao β -845 hidroxibutirato verificado nos animais desta pesquisa, não
440 houve diferença entre as dietas (média de 0,483 mg/dL). O β -hidroxibutirato é importante
441 em ruminantes como indicador de distúrbios metabólicos como cetose subclínica, patologia
442 derivada da mobilização de gordura como resposta ao BEN (Enjalbert et al., 2001).

443 Quanto à composição do leite, constatou-se que não houve efeito das diferentes
444 dietas sobre os valores de gordura, lactose e sólidos totais, sendo as médias de 4,62%, 4,47%
445 e 13,31%, respectivamente. Os valores observados para esses principais componentes do
446 leite comprovam que, sob condições controladas de nutrição e manejo, a composição do
447 leite não varia significativamente, sendo esta, uma das características exigidas dentro do
448 comércio internacional do leite. Essa característica na composição do leite está associada a o
449 *status* energético do animal, que nesta pesquisa, não se alterou entre os tratamentos. Já em
450 relação ao maior teor de proteína no leite das vacas alimentadas com dieta controle e TMR
451 *in natura*, é justificável em função do maior consumo de proteína e energia em comparação
452 aos animais que foram alimentados com a dieta TMR ensilada.

453 Em geral, os sólidos totais refletem os principais aspectos da síntese do leite. O teor
454 de lactose é considerado o principal fator relacionado à produção láctea (Wastra & Jenness,
455 1986). Esse resultado permite inferir que o baixo CMS e a menor concentração sérica de
456 glicose pode ter restringido a produção de lactose nas vacas que receberam a dieta TMR
457 ensilada, limitando a produção de leite em relação aos demais tratamentos.

458 No que concerne à concentração de proteína e à gordura no leite, esses são
459 fundamentais para as características nutricionais da secreção e, além disso, constituem um

460 determinante crítico nas políticas de pagamento do produto pelas empresas. Ainda, sobre a
461 composição do leite, notou-se maior nitrogênio ureico no leite (NUL) das vacas alimentadas
462 com dietas TMR ensilada (16,63 mg/dL).

463 O NUL é um indicador da eficiência de uso do nitrogênio pela microbiota ruminal e
464 pelo animal. Vários fatores podem modificar os valores de NUL (i.e., raça, produção de leite,
465 estágio de lactação e as concentrações de proteína e gordura no leite). Os valores de
466 referência considerados normais para o NUL estão entre 10 e 16 mg/dL. Nesta pesquisa, NUL
467 com a TMR ensilada pode ser justificada pelo menor consumo de energia e proteína e
468 possivelmente menor síntese microbiana, limitando a síntese proteica pela glândula
469 mamária.

470 **5 CONCLUSÃO**

471 A dieta de TMR *in natura* apresentou resultados semelhantes à dieta controle,
472 mostrando que os coprodutos do milho e do ácido cítrico possuem potencial na alimentação
473 de vacas de leite. Já a dieta TMR ensilada com os coprodutos do milho e do ácido cítrico
474 apresentou menor consumo e menor produção de leite nas vacas.

475 **Agradecimentos**

476 Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais
477 (FAPEMIG), à Universidade Estadual de Montes Claros (Unimontes), ao Conselho Nacional
478 de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio com bolsas.

479 **Declaração de disponibilidade de dados**

480 Os dados que apoiam este estudo serão compartilhados mediante solicitação ao autor
481 correspondente.

482 **Conflitos de interesse**

483 O autor declara que não há conflito de interesse.

484 **Declaração de financiamento**

485 Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de
486 Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001.

487 **REFERÊNCIAS**

- 488 Agricultural and food research council - AFRC. 1993. Energy and protein requirements of
489 ruminants. Wallingford: Common wealth Agricultural Bureaux International. 159p.
- 490 Benítez, Raúl Osvaldo Organização das Nações unidas para a Alimentação e a
491 Agricultura. Disponível em: <https://www.fao.org/americas/noticias/ver/pt/c/239394/>.
492 Acesso em: 31/08/2023.
- 493 Borges, L.D.A., Rocha Júnior, V.R., Monção, F.P., Soares, C., Ruas, J.R.M., Silva, F.V., Rigueira,
494 J.P.S., Costa, N.M., Oliveira, L.L.S., de Oliveira Rabelo, W., 2019. Nutritional and
495 productive parameters of Holstein/Zebu cows fed diets containing cactus pear. Asian-
496 Australasian J. Anim. Sci. 32, 1373–1380. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0584>
- 497 Casali, A.O., Detmann, E., Valadares Filho, S. de C., Pereira, J.C., Cunha, M. da, Detmann, K.
498 da S.C., Paulino, M.F., 2009. Estimation of fibrous compounds contents in ruminant
499 feeds with bags made from different textiles. Rev. Bras. Zootec. 38, 130–138.
500 <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009000100017>
- 501 Cordeiro, M.W.S., Rocha Júnior, V.R., Monção, F.P., Cordeiro, A.F.S., 2021. Silagens de
502 forrageiras tropicais 905 Adaptadas Às Condições Do Semiárido. Nucl. Anim. 13, 5–25.
503 <https://doi.org/10.3738/21751463.3726>
- 504 Colucci, P.E.; Chase, L.E.; Van Soest, P.J. Feed intake, apparent diet digestibility, and rate of
505 particulate passage in dairy cattle. J. Dairy Sci., v.65, p.1445-1456,
506 1982. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-9080302\(82\)82367-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-9080302(82)82367-9)
- 507 Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, A.C., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S.,
508 Cabral, L.S., Pina, D.S., Ladeira, M.M., Azevedo, J.A.G. 2012. Methods for food analysis
509 = Métodos para análise de alimentos. Suprema, Visconde do Rio Branco, MG, Brasil (in
510 Portuguese).

511 Enjalbert, f.; Nicot, m. C.; Bayourthe, c.; Moncoulon, R. Ketone bodies in milk and blood of
512 dairy cows: relationship between concentrations and utilization for detection of
513 subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p. 583-589, 2001.
514 [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)74511-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)74511-0)

515 González F.H.D. Ferramentas de diagnóstico e monitoramento das doenças metabólicas.
516 *Ciência Animal Brasileira*, v.1, p.1-22, 2009. Kronqvist et al. (2021 Van Soest, 1994).

517 Gonçalves, M. F. et al. Desempenho de novilhas alimentadas com coprodutos da indústria do
518 milho ou do ácido cítrico. *Veterinária notícias*, Uberlândia, v. 20, n. 1, p. 28-36, mai.
519 2014. DOI: <https://doi.org/10.14393/VTV20N1a2014.24600>.

520 Hammer, O., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software
521 package for education and data analysis. *Pal. Electr*, 4, 1-9.

522 Johnson, R.A., Wichern, D.W., 2008. *Multivariate analysis*. SpringerBriefs Public Heal. 71–81.
523 https://doi.org/10.1007/978-3-319-77203-5_8

524 Kasier, H.F., 1960. The application of electronic computers to factor analysis. *Educ. Psychol.*
525 *Meas. XX*, 141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>

526 Litz, F. H. et al. Avaliação bromatológica e digestibilidade" in vitro" de rações para bovinos
527 formuladas com coprodutos da indústria do milho e do ácido cítrico. *Veterinária*
528 *notícias*, Uberlândia, v. 20, n. 2, p. 42-47, mar. 2015. DOI:
529 <https://doi.org/10.14393/VTV20n2a2014.23560>.

530 Mertens, D. R. 1994. Regulation of forage intake. In: G.C. Fahey Jr., editor, *Forage quality,*
531 *evaluation and utilization*. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 450-493.

532 National Research Council - NRC. *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7.ed. Washington,
533 D.C.: National Academy Press, 381p.2001.

534 Nocek, J.E., 1988. In situ and Other Methods to Estimate Ruminant Protein and Energy
535 Digestibility: A Review. *J. Dairy Sci.* 71, 2051–2069. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7)
536 [0302\(88\)79781-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(88)79781-7)

537 Orskov, E.R., McDonald, I., 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from
538 incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci.* 92, 499–
539 503. <https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>

540 RAKITA S, BANJAC V, DJURAGIC O, CHELI F, PINOTTI L. Soybean Molasses in Animal Nutrition.
541 *Animals*. 2021; 11(2):514. <https://doi.org/10.3390/ani11020514>.

542 Silvestre, Antonio & Millen, Danilo. (2021). The 2019 Brazilian survey on nutritional practices
543 provided by feedlot cattle consulting nutritionists. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 50.
544 [10.37496/rbz5020200189](https://doi.org/10.37496/rbz5020200189).

545 Valadares filho, S.C., Broderick, G.A., valadares, R.F.D. et al. 2000. Effect of replacing alfalfa
546 silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. *J. Dairy Sci.*,
547 83(1):106-114.

548 Van Saun, R. Blood profiles as indicators of nutritional status. Corvallis, Oregon: Department
549 of Large Animal Clinical Sciences, 2000

550 Wastra, P.; Jenness, R. Química y física lactológica. Zaragoza: Editorial Acribia, 1986. ISBN
551 9788420005942

552 Waldo, D.R., Smith, L.W., Cox, E.L., 1972. Model of Cellulose Disappearance from the Rumen.
553 *J. Dairy Sci.* 55, 125–129. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(72\)85442-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(72)85442-0)

554 Weiss, W.P., Conrad, H.R., St. Pierre, N.R., 1992. A theoretically-based model for predicting
555 total digestible nutrient values of forages and concentrates. *Anim. Feed Sci. Technol.*
556 39, 95–110. [https://doi.org/10.1016/0377-9528\(92\)90034-4](https://doi.org/10.1016/0377-9528(92)90034-4)

557

558 **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

559 A dieta de TMR *in natura* apresentou resultados semelhantes à dieta controle,
560 mostrando que os coprodutos do milho e do ácido cítrico possuem potencial na alimentação
561 de vacas de leite. Já a dieta TMR ensilada com os coprodutos do milho e do ácido cítrico
562 apresentou menor consumo e menor produção de leite nas vacas.