

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE LINGUAGEM, CIÊNCIAS AGRÁRIAS E SOCIAIS APLICADAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ZOOTECNIA

THAIS DO NASCIMENTO GUIMARÃES

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS LACTANTES
ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA**

PONTES E LACERDA – MT
DEZEMBRO/2025

THAIS DO NASCIMENTO GUIMARÃES

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS LACTANTES
ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA**

“Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

Orientador(a): Dra. ALINE BARROS DA SILVA MORENZ

PONTES E LACERDA – MT
DEZEMBRO/2025

Ficha catalográfica elaborada pela Supervisão de Bibliotecas da UNEMAT Catalogação de Publicação na Fonte.
UNEMAT - Unidade padrão

G963p Guimarães, Thais do Nascimento.

PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS LACTANTES ALIMENTADAS
COM FARELO DE MAMONA / Thais do Nascimento Guimarães. - Pontes e
Lacerda, 2025.

39f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes
Maldonado", Zootecnia/PLC - Pontes e Lacerda - Bacharelado -
Contínua, Campus Universitário de Pontes e Lacerda.

Orientador: Aline Barros da Silva Morenz.

1. Nutrição animal. 2. Ricina. 3. Ruminantes. 4. Subproduto.
I. Morenz, Aline Barros da Silva. II. Título.

UNEMAT / MTSCB

CDU 614.95

THAIS DO NASCIMENTO GUIMARÃES

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS LACTANTES
ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado a
Coordenação do Curso de Graduação em
Zootecnia da Universidade do Estado de Mato
Grosso, como parte das exigências para obtenção
do título de Bacharel em Zootecnia.

APROVADO EM: 09/12/2025.

Documento assinado digitalmente
 **ALINE BARROS DA SILVA MORENZ**
Data: 15/12/2025 20:02:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Professora Aline Barros da Silva Morenz
Orientadora: UNEMAT-Pontes e Lacerda

Documento assinado digitalmente
 **DANILO ANTONIO MORENZ**
Data: 15/12/2025 20:15:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Danilo Antonio Morenz
Membro: Doutorado em Zootecnia

Documento assinado digitalmente
 **MARIA SAMIRES MARTINS CASTRO**
Data: 15/12/2025 20:40:08-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maria Samires Martins Castro
Membro: Doutorado em Zootecnia

Dedico este trabalho à Deus e a Nossa Senhora Aparecida, que me fortaleceram nos momentos de angústia. Aos meus pais, Eliete do Nascimento Guimarães e Orosildo Azevedo Guimarães, que foram meu combustível ao longo desta trajetória. À minha irmã, Thyanne do Nascimento Guimarães, que sempre tira meus melhores sorrisos, e a toda a minha família, que me apoiaram até aqui. Obrigada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por me manterem forte até aqui e por me fortalecerem a cada dia desta jornada.

Aos meus pais, Eliete do Nascimento Guimarães e Orosildo Azevedo Guimarães, por todo amor, carinho e educação que me deram, por sempre me apoiarem e acreditarem em mim. Mesmo à distância, nunca deixaram faltar nada.

À minha irmã, por ser a alegria da minha vida, arrancar meus melhores sorrisos e me fortalecer a cada dia, por me ver como referência.

Ao João Batista Alberto, por ser uma referência de ser humano para mim, por apresentar o agro de forma tão singela e por me encorajar a ser zootecnista.

Ao meu tio Oronildo Azevedo Rocha, que mesmo com suas limitações, sempre me apoia e protege.

À toda minha família Nascimento e Guimarães, em especial ao meu avô Santo Nascimento, que sempre me apoiou desde o início da minha trajetória.

À Universidade do Estado de Mato Grosso, onde tive a oportunidade de realizar o sonho da graduação.

À banca avaliadora: à minha orientadora Aline Barros da Silva Morenz, que não soltou a minha mão em nenhum momento; ao meu coorientador Danilo Antonio Morenz, que compreendeu minhas dificuldades no TCC e sempre me incentivou; e à professora Maria Samires Martins Castro, por aceitar compor a banca.

Ao setor de ovinos e caprinos, onde tive a oportunidade de aprender na prática e ser bolsista por um ano.

Aos demais professores da instituição, que contribuíram com seus conhecimentos para minha formação.

À equipe NECOMAT, Karina Ferreira. Moconho, Jader Augusto, Lucas Victor. Esdras Amaral por contribuir com a estatística deste trabalho. Daiane Massai, Ana Cristina, Aline Barros, Danilo Morenz e Maria Samires.

À minha amiga, Karina Ferreira Moconho, por ser minha calmaria em momentos de preocupação e minha parceira em todos os projetos ao longo desses anos.

Aos amigos que tive o privilégio de conhecer ao longo desses cinco anos e que tornaram esse processo mais leve: minha turma Paola. Deluqui, Vanessa Salviani, Angela Platicow,

Lucas Freitas e João Batista, que sempre apoiavam uns aos outros; Jayne Eguez e sua família, por me acolherem tão bem.

À minha amiga Edivania de Souza Lima e à professora do ensino fundamental Sirlei Tibes, por me apresentarem à Universidade do Estado de Mato Grosso.

A todos da minha comunidade Três Mártires e amigos das comunidades vizinhas, por sempre me apoiarem e proporcionarem momentos especiais que carrego com carinho e admiração. A todos, obrigada!

*“Porque Deus amou o mundo de tal maneira que deu o seu filho unigênito, para que todo
aquele que nele crê não pereça, mas tenha a
vida eterna.”
(Jo 3:16).*

RESUMO

O farelo de soja é a principal fonte proteica na dieta animal, porém apresenta alto custo e ampla demanda em outros setores, o que estimula a busca por alternativas viáveis. Nesse contexto, o farelo de mamona surge como um coproduto agroindustrial promissor, devido ao seu elevado teor de proteína bruta. Objetivou-se avaliar a produção e a composição química do leite de vacas lactantes alimentadas com diferentes níveis de inclusão do farelo de mamona (0, 25, 50, 75 e 100%) em substituição ao farelo de soja, com base na matéria seca do concentrado. O experimento foi conduzido na Embrapa Agrossilvipastoril (Sinop-MT), utilizando-se cinco vacas mestiças ($3/4$ Holandês $\times$ Gir), primíparas e não gestantes, com aproximadamente 150 dias de lactação, peso corporal médio de 530 kg e produção média de 13 kg de leite/animal/dia. O delineamento experimental adotado foi o quadrado latino 5×5 . O período total experimental foi de 100 dias, dividido em cinco períodos de 20 dias cada, sendo os primeiros 15 destinados à adaptação dos animais às dietas e os 5 dias subsequentes à coleta de dados. As dietas foram formuladas para serem isoproteicas, com relação volumoso: concentrado de 60:40. Foram avaliadas a produção de leite e sua composição química. Não houve efeito significativo ($p > 0,05$) para produção e composição do leite de vacas lactantes alimentadas com níveis crescentes de inclusão do farelo de mamona em substituição ao farelo de soja no concentrado. As médias obtidas neste experimento para produção foram de $13,66 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$, enquanto para a composição, os valores médios de teores de gordura, proteína, lactose e sólidos totais, foram, respectivamente, 4,36%, 3,58%, 4,46% e 13,26%. Esses resultados podem ser atribuídos à ausência de variação no consumo de matéria seca entre as diferentes dietas avaliadas. Além disso, a constância na composição do leite sugere que o metabolismo das vacas recebeu suprimento nutricional suficiente independentemente da fonte proteica utilizada. Dessa forma, o farelo de mamona pode substituir em até 100% o farelo de soja na alimentação de vacas lactantes sem comprometer a produção e a composição do leite.

Palavras-chave: Nutrição animal. Ricina. Ruminantes. Subproduto.

ABSTRACT

Soybean meal is the primary protein source in animal nutrition; however, its high cost and strong demand across various industries stimulate the search for viable alternatives. In this context, castor bean meal emerges as a promising agro-industrial co-product due to its high crude protein content. The objective of this study was to evaluate milk yield and chemical composition of lactating cows fed different inclusion levels of castor bean meal (0, 25, 50, 75, and 100%) replacing soybean meal on a dry matter basis of the concentrate. The experiment was conducted at Embrapa Agrossilvipastoril (Sinop – MT), using five crossbred cows ($3/4$ Holstein $\times$ Gir), primiparous and non-pregnant, averaging 150 days in milk, 530 kg of body weight, and a mean milk production of 13 kg/animal/day. A 5×5 Latin square design was adopted. The experimental period lasted 100 days, divided into five periods of 20 days each, with the first 15 days allocated for diet adaptation and the subsequent 5 days for data collection. Diets were formulated to be isoproteic, with a forage-to-concentrate ratio of 60:40. Milk yield and chemical composition were evaluated. There was no significant effect ($p > 0.05$) on milk production or composition in lactating cows fed increasing levels of castor bean meal replacing soybean meal in the concentrate. The average milk yield observed in this study was 13.66 kg $\text{cow}^{-1} \text{ day}^{-1}$. The mean values for fat, protein, lactose, and total solids were 4.36%, 3.58%, 4.46%, and 13.26%, respectively. These results may be attributed to the lack of variation in dry matter intake among the different diets evaluated. Additionally, the consistency in milk composition suggests that the cows' metabolism received adequate nutritional supply regardless of the protein source used. Thus, castor bean meal can replace soybean meal at up to 100% in the diets of lactating cows without compromising milk yield or composition.

Keywords: Animal nutrition. Byproduct. Ricin. Ruminant.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1 MAMONA	12
2.2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DA MAMONA.....	14
2.3 PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE BOVINO	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	22
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÃO.....	29
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A eficiência da produção leiteira vem aumentando nos últimos anos, devido as novas descobertas realizadas no campo da alimentação e da nutrição dos animais. No Brasil, o leite é um produto agropecuário de grande importância econômica e social. A qualidade do leite, os custos de produção e os impactos ambientais são pontos críticos que desafiam a sustentabilidade da cadeia produtiva (Embrapa, 2024).

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2024), a produção de leite no Brasil foi de 34,6 bilhões de litros em 2022, passando para 35,4 bilhões de litros em 2023 (IBGE). Conforme o Anuário Leite (Embrapa, 2025) a produção nacional alcançou 35,37 bilhões de litros em 2024, mantendo a tendência de crescimento do setor. Esses resultados reforçam o impacto socioeconômico da atividade leiteira na cadeia produtiva brasileira, evidenciando sua relevância para a economia regional e nacional.

A alimentação representa um dos maiores custos na pecuária leiteira, podendo alcançar valores entre 40% e 70% do custo operacional efetivo (COE) em propriedades assistidas pelo Programa de Desenvolvimento da Pecuária Leiteira (PDPL) em Minas Gerais, conforme contextualizado por Gomes *et al.* (2024). Em sistemas familiares, como no estudo de Labiak e Stroparo (2023), esse valor chegou a 54,12% dos custos totais e 76,2% do COE, destacando sua relevância na estrutura de custos da atividade. O equilíbrio nutricional tem influência direta sobre a produção e a composição do leite, afetando os teores de gordura, proteína e lactose, sendo fatores determinante para o desempenho zootécnico (Santos; Ebling; Bonotto, 2022)

Diante dos elevados custos de insumos tradicionais utilizados na alimentação animal, como o farelo de soja, observa-se a busca por alimentos alternativos de menor custo no mercado brasileiro. A dependência do farelo de soja como principal fonte proteica nas dietas de vacas lactantes representa um desafio, não apenas pelo alto custo desse insumo, mas também pela crescente demanda em outras cadeias produtivas (Oliveira *et al.*, 2013).

Perante este cenário, cresce o interesse por alternativas de alimentos que sejam nutricionalmente viáveis, econômico, acessíveis e ambientalmente sustentáveis. Entre os coprodutos agroindustriais com potencial de uso na alimentação animal, destaca-se o farelo de mamona (*Ricinus communis* L.), subproduto resultante da extração do óleo de mamona. Lima *et al.* (2023) encontrou o valor médio para teor de proteína bruta de 30,13% no farelo de mamona em seu experimento. No estudo de Freitas *et al.* (2008) os autores observaram que o

teor de proteína bruta do farelo de mamona variou entre 28,99% e 32,33%. Essa variação está relacionada principalmente ao método de processamento empregado no subproduto.

O farelo de mamona é uma fonte proteica com potencial de uso na alimentação de ruminantes, principalmente em regiões com menor disponibilidade ou maior custo do farelo de soja (Akande; Odunsi; Akinfala, 2016). Contudo, sua utilização é limitada pela presença de substâncias tóxicas, como a ricina, além de outros fatores antinutricionais (Medeiros *et al.*, 2015).

A nutrição animal exerce impacto direto na composição do leite, com influência nos teores de proteína e de gordura. As proporções dos ácidos graxos voláteis de cadeia curta (AGCCs) produzidos pela fermentação ruminal são diretamente proporcionais a digestibilidade dos alimentos ingeridos. Quando se aumenta os níveis de celulose e hemicelulose da dieta, em relação aos níveis de carboidratos solúveis e amido, também se aumenta a proporção acetato: propionato (Martins, 2023). Os principais precursores da gordura do leite são os AGCCs, sendo o acetato e butirato, que são provenientes da fermentação ruminal de forragens e outros alimentos ricos em fibra (Harding, 1995).

Neste contexto, a avaliação do desempenho produtivo e da qualidade do leite é fundamental ao se testar ingredientes alternativos na dieta de vacas em lactação, uma vez que esses parâmetros influenciam diretamente a composição e o valor agregado dos derivados lácteos. A composição química do leite é determinada pelos teores de sólidos totais, que englobam gordura, proteína, carboidratos, sais minerais e vitaminas (Embrapa, 2021). Dentre esses componentes, os teores de gordura e proteína são os mais sensíveis à variação na alimentação, impactando significativamente tanto o valor nutricional quanto o valor comercial do leite. Produtos com maiores concentrações desses nutrientes são mais valorizados pela indústria e pelos consumidores (Sangali *et al.*, 2018).

Dessa forma, objetiva-se com o trabalho avaliar a produção e composição química do leite de vacas lactantes alimentadas com diferentes níveis de inclusão do farelo de mamona, em substituição ao farelo de soja.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MAMONA

A mamona (*Ricinus communis* L.) pertencente à família Euphorbiaceae, é uma oleaginosa amplamente cultivada em regiões tropicais e subtropicais. Originária da antiga Abissínia, atual Etiópia. A planta mamona, apresenta bom desempenho em virtude das condições climáticas e sua adaptabilidade a solos com baixa fertilidade (Embrapa, 2022).

No Brasil, a mamona se destaca na região Nordeste, onde se concentra a maior parte da produção. No entanto, é importante destacar que a mamona possui princípios tóxicos, como a ricina, presente no endosperma da semente, e que representa um risco à saúde animal. A dose letal da ricina varia conforme a espécie, sendo de aproximadamente 0,1 g de semente por kg de peso vivo para equinos, 2,0 g/kg para bovinos e até 14,0 g/kg para galinhas (Távora, 1982; Brito; Tokarnia, 1996). Esses dados reforçam a necessidade de cuidados no uso de seus coprodutos na alimentação animal, especialmente quando não submetidos a processos adequados de destoxificação.

O Brasil, como país dependente de derivados de petróleo para transporte e energia, passou a investir em combustíveis renováveis, como o biodiesel, que pode ser produzido a partir de óleos vegetais, incluindo o óleo de mamona (Oliveira *et al.*, 2024).

Em 2005, o Governo Federal lançou o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), com o propósito de inserir o biodiesel na matriz energética brasileira de forma sustentável, promovendo a inclusão social e o desenvolvimento regional. Como estratégia, o PNPB incentivou culturas adaptadas às condições do semiárido, como a mamona, valorizando sua capacidade de gerar emprego e renda para agricultores familiares. O cultivo da mamona se adapta bem ao clima do semiárido, o que favoreceu sua adoção como estratégia para incluir pequenos produtores na cadeia de biocombustíveis (Silva; Polli, 2020).

Segundo Companhia Nacional de Abastecimento (Conab, 2025), o Nordeste foi responsável por toda produção nacional de mamona na safra 2024/25, cultivando uma área estimada em 69,8 mil hectares, um aumento de 19,7% em relação à safra anterior. A produtividade média da região apresentou crescimento, passando de 1.493 kg em 2023/24 para 1.581 kg em 2024/25, o que representa um avanço de 5,9%.

Como resultado, a produção total da região Nordeste saltou de 87,1 mil toneladas para 110,4 mil hectares é notável a alta de 26,8% na comparação entre safras. O crescimento liderado é principalmente no Estado da Bahia, que cultivou 69,5 mil hectares, com produtividade de 1.587 kg e produção de 110,3 mil toneladas na atual safra. Esses dados demonstram o potencial da mamona em regiões semiáridas (Conab, 2025).

Apesar de suas múltiplas utilidades, a planta contém elementos tóxicos, sendo eles a ricina, ricinina, aglutinina e complexo alergênico CB-1. A ingestão de pequenas quantidades pode ser fatal para humanos e animais, sendo necessária cautela durante o manuseio e a extração do óleo (Fonseca; Blanco, 2014).

A ricina é considerada uma das proteínas vegetais mais tóxicas conhecidas, sendo motivo de preocupação para autoridades e instituições científicas, principalmente devido ao seu potencial de uso como agente de bioterrorismo. Apesar de seu potencial na medicina e na indústria, ainda não há antídoto aprovado para neutralizar seus efeitos (Rasetti-Escargueil; Avril, 2023).

A ricina está presente principalmente no endosperma das sementes, onde atua como proteína de reserva e mecanismo de defesa (Wrobel *et al.*, 2023). Seu efeito tóxico decorre da inibição da síntese proteica, por meio da desativação dos ribossomos, provocando morte celular (Menezes *et al.*, 2015). É composta por duas cadeias: a cadeia A, de ação catalítica, e a cadeia B, que facilita sua entrada nas células eucarióticas por meio da ligação a carboidratos específicos (Farias; Silva; Maia 2021).

A atuação conjunta dessas cadeias torna a ricina extremamente letal, podendo inativar milhares de ribossomos por minuto (Fonseca; Soto-Blanco, 2014; Souza *et al.*, 2017). Outro composto relevante é a ricinina, um alcaloide nitrogenado com estrutura cristalina, encontrado em todas as partes da planta, especialmente nas folhas. Atua como mecanismo de defesa, provocando intoxicação aguda com sintomas neuromusculares.

A aglutinina (RCA120), por sua vez, é uma lectina presente nas sementes da mamona, com estrutura semelhante à ricina, porém com baixa toxicidade. Sua principal ação é a aglutinação de eritrócitos, sem interferência na síntese de proteínas. Essa proteína também possui afinidade por resíduos de galactose, o que limita seu alcance tóxico (Fonseca; Soto-blanco, 2014; Souza *et al.*, 2017).

O complexo CB-1A é formado por proteínas e polissacarídeos com alto potencial alergênico. Embora não seja tóxico, é termicamente estável e presente nas sementes, no pólen e em partes vegetativas da planta, podendo representar até 12,5% da torta de mamona. Suas

principais proteínas são as albuminas 2S, altamente estáveis, e associadas a reações alérgicas em diversas sementes (Machado, 2013).

2.2 RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS DA MAMONA

Há uma crescente pressão da sociedade, mídia e governos sobre o setor industrial para a adoção de medidas que minimizem a geração de resíduos, seja reutilizando ou reciclando, em benefício ao meio ambiente, aumentando desta forma, a sustentabilidade (Brasil, 2010; ONU, 2015).

No cenário de busca de medidas sustentáveis para controlar ou atenuar os efeitos indesejáveis dos resíduos no meio ambiente tem se optado ao longo dos últimos anos, pelo uso de biocombustíveis, que são combustíveis produzidos a partir da biomassa de produtos vegetais ou compostos de origem animal. Um exemplo disso é a atuação da Petrobrás Biocombustível S.A que vem promovendo melhorias nos processos agrícolas e industriais de produção de biodiesel (Petrobras Biocombustível S.A., 2018).

O principal produto da cultura da mamona, o óleo, este pode ser processado na indústria química nacional ou exportado e permite infinitas aplicações industriais, como lubrificantes de turbinas, no processo de fabricação de náilon e de resinas, tecidos, adesivos, cosméticos, fios, tubos plásticos, tintas, produtos para a indústria automotiva, entre outros (Rocha *et al.*, 2022). O óleo extraído da mamona é um produto de alto valor comercial, entretanto, durante o seu processamento são gerados resíduos sólidos significativos, sendo a torta, o principal resíduo sólido oriundo do processamento dessa oleaginosa.

Um grande desafio nesse cenário consiste em promover a agregação de valor a esse resíduo, transformando-o em um coproduto, de modo a tornar a indústria de extração de óleo vegetal mais competitiva. Pesquisas recentes sobre o aproveitamento da torta de mamona apontam diversas aplicações potenciais, destacando-se seu uso na alimentação animal, após processos adequados de destoxificação, como adubo orgânico e biofertilizante, além de seu potencial na produção de biogás e na fabricação de compósitos, inserindo-se em estratégias de valorização de resíduos e sustentabilidade industrial (Li *et al.*, 2024; Embrapa, 2024).

Entre os coprodutos, a torta e a casca de mamona precisam de maior atenção, pois têm potencial para se tornarem alimentos alternativos para ruminantes. A casca de mamona representa, em média, 25% do peso do fruto, sendo os 75% restante correspondente ao peso

total das sementes (baga) (Candido *et al.*, 2008). A casca da mamona é um alimento com alto teor de fibras e baixo conteúdo de proteína bruta (5,3%) devendo ser utilizada na dieta de ruminantes como volumoso alternativo, em substituição a forragem, e em termos comparativos pode-se afirmar que a casca da mamona se assemelha, quanto aos aspectos nutricionais, a um capim de média-baixa qualidade (Tabela 1) (Bomfim *et al.*, 2006).

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica da casca de mamona (%MS).

Item	Valor (%)
Matéria seca	93,32
Matéria orgânica	78,91
Proteína bruta	9,20
Extrato etéreo	19,89
Fibra em detergente neutro	42,45
Nutrientes digestíveis totais	73,18
Hemicelulose	13,14
Fibra em detergente ácido	29,30
Lignina	6,60
Celulose	21,50
Cinza insolúvel	1,03

Fonte: Bomfim *et al.* 2006.

A torta de mamona é o resíduo da indústria ricina-química, obtida da extração mecânica do óleo, a extração química denomina-se farelo (Figura 1). A torta apresenta elevados teores de proteína bruta e nutrientes digestíveis totais (NDT) o que a torna uma alternativa viável como ingrediente na formulação de rações com o objetivo de reduzir os custos da produção animal. No entanto, seu uso foi historicamente limitado devido à presença de compostos antinutricionais e tóxicos (Meneses *et al.*, 2023).

A torta de mamona resulta da extração mecânica do óleo, realizada por meio de prensas hidráulicas ou prensas do tipo *expeller* (Soares, 2019). Nesse processo, as sementes são submetidas a alta pressão e, geralmente, a temperaturas elevadas, o que permite a separação parcial do óleo e gera um resíduo sólido com teor significativo de óleo residual, além de elevados níveis de proteína bruta e NDT. Por conter menos etapas químicas, a torta conserva melhor a integridade nutricional, o que a torna uma fonte promissora para a nutrição animal desde que previamente destoxificada (Araújo *et al.*, 2020).

O farelo de mamona, por sua vez, é obtido após a extração química do óleo da torta, em um processo mais industrializado que utiliza solventes orgânicos, como o hexano, para aumentar a eficiência da extração lipídica. Conforme descrito por Pinto (2025), o procedimento inclui etapas de aquecimento da torta a temperaturas entre 100 e 110 °C, seguida por extração com hexano a 60 °C durante cerca de duas horas e meia (Figura 1).

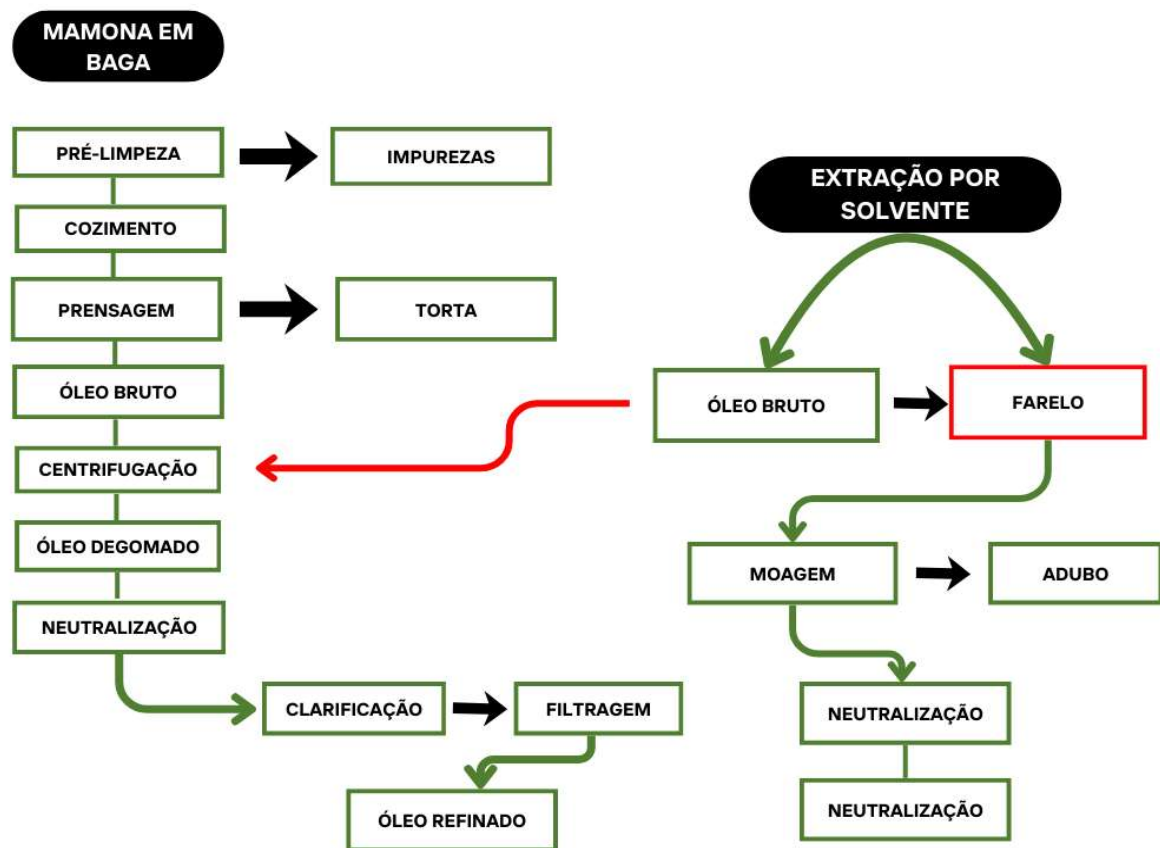


Figura 1 - Esquema do processo de extração do óleo de mamona.

Fonte: Adaptado de Leiras, 2006; Campos e Santos, 2015.

Posteriormente, o solvente é removido por evaporação controlada, também sob aquecimento, resultando no farelo de mamona destoxificado. Além disso, apresenta baixo teor de óleo residual, possui menor umidade, o que favorece sua estabilidade microbiológica e armazenamento. A partir desse ponto, ele pode ser moído e destinado à produção de adubo ou submetido a processos de destoxificação para uso seguro na alimentação animal, conforme demonstrado no fluxograma de produção (Pinto *et al.*, 2025).

Como resultado, o farelo apresenta um teor muito baixo de óleo residual e um teor de proteína ainda elevado, (Tabela 2) (Gomes *et al.*, 2009) embora possa sofrer alguma perda nutricional dependendo das condições do processo.

Portanto, o farelo quanto a torta de mamona contém substâncias tóxicas, que podem inviabilizar sua utilização direta na alimentação animal. A inclusão segura desses coprodutos em dietas exige a realização de processos de destoxificação, os quais têm por objetivo inativar os compostos antinutricionais. Entre os métodos mais eficazes estão os tratamentos térmicos em autoclave e os tratamentos químicos com hidróxido de cálcio, ambos capazes de eliminar

os principais agentes tóxicos quando aplicados de forma adequada, respeitando os parâmetros técnicos de tempo, temperatura e dosagem (Araújo *et al.*, 2020).

Tabela 2 - Composição químico-bromatológica do farelo de mamona.

Item	Valor (%)
Matéria seca	91,5
Proteína bruta	44,4
Extrato etéreo	2,9
Cinzas	9,6
Fibra em detergente neutro	40,3
Fibra em detergente ácido	32,3
Hemicelulose	8,0
Lignina	22,5

Fonte: Gomes *et al.* (2009).

Apesar da presença de substâncias tóxicas e alergênicas na torta de mamona, como a ricina, a ricinina e frações proteicas alergênicas, são possíveis de serem eliminadas por meio de processos de destoxificação. A ricina, principal toxina presente no endosperma da semente, é uma proteína altamente tóxica, mas sua remoção tem sido objeto de pesquisas com resultados promissores. Desde a década de 1960, métodos físicos e químicos vêm sendo testados com o intuito de tornar esse coproduto seguro para uso na alimentação animal (Anandan *et al.*, 2005).

Entre os tratamentos mais eficazes destacam-se a autoclavagem a 15 (PSI) por 60 minutos e o uso de soluções de hidróxido de cálcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), aplicadas na proporção de 40 g/kg de torta, com repouso noturno, os quais demonstraram 100% de inativação da ricina, conforme confirmado por análises eletroforéticas (Sowa-Rogozínska *et al.*, 2019).

Além desses, um projeto de destaque conduzido pela *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO), em parceria com a *Texas A&M University*, desenvolveu um sistema industrial baseado em extrusão, utilizando alta temperatura e pressão em combinação com hidróxido de cálcio e água (Araújo, 2019).

O método permitiu a destoxificação e desalergenização simultânea da torta, mantendo seu valor nutricional, o que o torna aplicável para alimentação de ruminantes, aves, suínos e até mesmo para piscicultura (Severino, 2005). Apesar do sucesso técnico, a ausência de processos economicamente viáveis em escala industrial ainda representa um obstáculo à adoção ampla dessa tecnologia no Brasil (Cândido *et al.*, 2008). Nesse contexto, a utilização da torta de mamona na alimentação animal permanece condicionada ao desenvolvimento de soluções que aliem eficácia, baixo custo e segurança alimentar.

No Brasil, experiências com farelo de mamona destoxificado, como o chamado "Lex Proteico", demonstraram bons resultados na alimentação de vacas leiteiras, ovinos e até em substituição parcial ao farelo de soja ou de algodão, sem provocar efeitos adversos à saúde ou à produção (Naufel *et al.*, 1962; Bose; Wanderley, 1988).

Outras pesquisas vem sendo desenvolvidas com o uso do farelo de mamona na alimentação animal, conforme verificado no trabalho Oliveira *et al.* (2010) com extrato bruto de farelo de mamona destoxificado, que foi capaz de inibir a produção de amônia ruminal sem afetar o crescimento microbiano, em que este estudo preliminar permitiu confirmar que este extrato poderia ser usado como manipulador da fermentação ruminal.

Contudo, embora as pesquisas indiquem potencial para o uso seguro desse coproduto, a ausência de padronização dos métodos, os custos elevados e a falta de escala industrial ainda limitam sua adoção comercial (Severino, 2005). Ainda assim, o farelo de mamona permanece como uma alternativa promissora, especialmente para ruminantes, desde que submetido a tratamentos eficazes de destoxificação.

2.3 PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO DO LEITE BOVINO

O leite é uma secreção biológica produzida pelas glândulas mamárias, cuja função primordial é garantir o desenvolvimento e a sua sobrevivência da prole nos primeiros meses de vida. Além de seu papel natural, o leite tornou-se um dos alimentos de maior relevância para a alimentação humana consumido tanto in natura quanto utilizado para a fabricação de diversos derivados (Novaes, 2024).

De acordo com a Instrução Normativa (IN) nº 76, o leite é constituído por água, lactose, gordura, proteínas, vitaminas e sais minerais, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Limite mínimo da composição (%) do leite cru refrigerado preconizados pela IN 76/2018.

Parâmetro	%
Gordura	3,0
Proteína	2,9
Lactose	4,3
Sólidos não gordurosos	8,4
Sólidos totais	11,4

Fonte: IN 76/2018.

Segundo Embrapa, (2021) a composição do leite bovino caracteriza-se por uma elevada proporção de água, que representa, em média, 87 a 88% do volume total, enquanto os sólidos totais correspondem a cerca de 12 a 13%. A quantidade desses sólidos varia conforme fatores genéticos, alimentar e de manejo, podendo ser ajustados por programas de seleção que buscam rebanhos com maiores teores de sólidos ou maior volume de produção (Novaes, 2024).

A dinâmica da produção e a composição do leite em vacas leiteiras resultam da interação entre fatores internos e externos ao animal. Esses fatores interagem entre si, sendo fundamental um sistema de produção que otimize cada um desses elementos visando alcançar alta produtividade e qualidade do leite (Bednarski; Kupczyński, 2024).

Além disso, outros fatores internos também influenciam na produção e a composição do leite, como a genética. Conforme verificado na literatura, cada grupo genético apresenta particularidades distintas. No Brasil, as principais raças utilizadas são a Holandesa, Jersey, Pardo Suíço, Gir Leiteiro e seus grupos genéticos, destacando-se por diferentes níveis de produção e adaptação ao clima tropical (Embrapa, 2021).

A raça Holandesa, é amplamente reconhecida pelo elevado volume de leite produzido, enquanto a raça Jersey, embora produza em menor volume, mas apresenta maior concentração de sólidos totais, especialmente gordura e proteína, quando comparado à raça Holandesa (Ludovico; Trentin; Rêgo, 2019). Conforme verificado a diferença na composição do leite em relação a genética de vacas (Holandesa e Jersey) e diferentes estações do ano (Primavera, verão, outono e inverno) no trabalho de Crochemore, Dors e Nascente (2021) (Tabela 4).

Outro ponto relevante é o estado de saúde da vaca, pois enfermidades como a mastite reduzem a caseína, alteram os teores de lactose e gordura e comprometem a qualidade físico-química do leite (Hussain; Javed; Khan, 2012; Gonçalves *et al.*, 2023; Stanek; Zólkowski; Janus, 2024). De acordo com Bronzo *et al.* (2020), raças de alta produção são mais propensas à mastite, com maiores perdas na produção de leite.

O estágio da lactação também exerce forte influência, uma vez que logo após o parto o leite é secretado na forma de colostro, rico em imunoglobulinas e proteínas essenciais à imunidade passiva do bezerro, enquanto com o avanço da lactação observa-se aumento do volume produzido, porém com redução gradativa da gordura e da proteína (Nascimento *et al.*, 2016; Cabral *et al.*, 2022). Portanto a sua capacidade metabólica individual de cada vaca também é determinante, pois animais com maior eficiência conseguem aproveitar melhor os nutrientes ingeridos e convertê-los em leite de forma mais equilibrada e persistente (Martins, 2024).

Tabela 4 - Teores (%) de gordura e proteína do leite em amostras de leite cru refrigerado provenientes de vacas das raças Holandesa e Jersey coletadas em diferentes estações do ano.

Raça	Estação	Gordura (%)	Proteína (%)
Holandesa	Primavera	3,48±0,045	2,99±0,125
	Verão	3,33 ±0,86	2,77 ± 0,040
	Outono	3,93 ± 0,101	3,24 ± 0,060
	Inverno	3,81± 0,102	3,11 ± 0,085
Jersey	Primavera	4,23 ± 0,582	3,73 ± 0,085
	Verão	4,20 ± 0,285	3,37 ± 0,046
	Outono	5,13 ± 0,408	4,01 ± 0,190
	Inverno	4,80 ± 0,079	3,64 ± 0,128

Fonte: Adaptado de Crochemore, Dors e Nascente (2021).

Além disso, a idade é um aspecto que não pode ser negligenciado, já que vacas primíparas, por ainda estarem em crescimento, produzem menos leite, enquanto animais em segunda e terceira lactação geralmente atingem o auge produtivo, a partir de idades mais avançadas, entretanto, há tendência de queda gradual na produção em função do desgaste fisiológico (Nascimento *et al.*, 2016; Cabral *et al.*, 2022).

Em relação aos fatores externos que exercem impacto na produção e composição do leite tem-se as condições climáticas, influenciadas pelos elementos climáticos como: temperatura ambiente, umidade relativa do ar, radiação solar, pluviosidade e velocidade do vento que interferem diretamente no conforto térmico do animal, refletindo em seu desempenho produtivo (Graczckl *et al.*, 2022).

Nessas circunstâncias, situações de estresse térmico reduzem a ingestão de matéria seca, provocam alterações fisiológicas e comportamentais e, conseqüentemente, acarretam queda significativa na produção leiteira (Manica, 2022).

Outros fatores externos, incluem também a nutrição, o tipo de alimentação fornecida (pastagens, rações ou suplementos), o manejo adotado (desempenho produtivo) e a estação do ano, os quais influenciam diretamente o metabolismo das vacas (Chen *et al.*, 2024).

O monitoramento da nutrição das vacas leiteiras envolve mais do que apenas oferecer uma dieta equilibrada, ele também abrange práticas adequadas de manejo alimentar. A quantidade de gordura presente no leite está diretamente associada à oferta de precursores utilizados na sua síntese pelas células da glândula mamária (Ribeiro, 2021). Entre esses precursores estão o acetato, resultante da fermentação de fibras no rúmen, e os ácidos graxos que podem ser absorvidos da dieta ou provenientes da mobilização das reservas corporais. A

fermentação da fibra é, portanto, um processo fundamental, pois gera os compostos necessários para a produção de gordura no leite (González, 2021).

No entanto, essas variações são de grande importância, pois não apenas alteram a composição química do leite, mas também influenciam diretamente seu valor para a indústria de laticínios, impactando positiva ou negativamente seu aproveitamento como matéria-prima, conforme relatado por Pegolo *et al.* (2018), que relata interferência da mastite na fabricação do queijo.

Um exemplo relevante é o tipo de dieta fornecida: quando a alimentação é rica em concentrado (acima de 50%), pode ocorrer uma redução no teor de gordura do leite devido a alterações na fermentação ruminal (Larsen *et al.*, 2019).

Quando a dieta da vaca inclui alimentos ricos em fibras, especialmente forragens de boa qualidade, observa-se um aumento no teor de gordura do leite. Isso se deve ao processo de fermentação microbiana no rúmen, onde as fibras são degradadas e transformadas em ácidos graxos voláteis (AGVs), como o ácido acético, que é o principal precursor da síntese de gordura no leite (Coelho; Franco, 2018).

A maior produção de ácido acético favorece a elevação do teor de gordura. Por outro lado, dietas com alta proporção de grãos ricos em carboidratos não fibrosos são rapidamente fermentadas, resultando em maior produção de ácido propiônico, que é direcionado para a produção de glicose e, conseqüentemente, menos utilizado na formação de gordura (Berchielli *et al.*, 2011).

Essa alteração no perfil dos AGVs reduz a síntese de gordura no leite e, se persistente, pode desencadear distúrbios ruminais como acidose subclínica. Assim, o equilíbrio entre fibra e concentrado na dieta é fundamental para garantir tanto a saúde ruminal quanto a qualidade do leite produzido, refletindo em maior eficiência zootécnica e valor comercial do produto (Bougouin *et al.*, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Embrapa Agrossilvipastoril em Sinop – MT (“latitude 11° 51’ 43” Sul, longitude 55° 35’ 27” Oeste e 384 m de altitude). O clima da região é classificado, segundo Köppen tropical de Savana, com inverno seco (Aw), que alterna entre estação chuvosa e estação seca (Souza *et al.*, 2013).

As vacas foram distribuídas em quadrado latino 5 x 5 e avaliados cinco níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona (0; 25, 50, 75 e 100%) na base da matéria seca (MS) do concentrado. Foram utilizadas cinco vacas em lactação, mestiças das raças Holandês Preto e Branco e Gir-leiteiro (grupo genético $\frac{3}{4}$ Holandês Preto e Branco), pertencentes ao rebanho da Embrapa Agrossilvipastoril, primíparas e não gestantes, com aproximadamente 150 dias de lactação, peso corporal médio de 530 kg, produção média de 13 kg/animal/dia.

O experimento teve duração de 100 dias e foi dividido em cinco períodos de 20 dias; os 15 primeiros dias foram destinados à adaptação dos animais às dietas e os demais, à coleta de dados da produção e composição do leite.

A composição química desses ingredientes é detalhada na Tabela 5. Os alimentos concentrados utilizados no balanceamento das dietas foram milho, farelo de soja, farelo de mamona, fosfato bicálcico, calcário, sal comum e premix mineral. O volumoso fornecido aos animais consistiu em silagem de milho. O farelo de mamona utilizado foi adquirido diretamente da unidade industrial da A. Azevedo Óleos (Oleon Brasil S.A.), localizada em Itupeva-SP, por meio da qual se faz a extração industrial de óleo e subprodutos da mamona.

Tabela 5 - Composição química dos ingredientes das dietas.

Nutrientes ¹ (%)	Silagem de milho	Farelo de mamona	Milho	Farelo de soja
Matéria seca	30,89	88,02	89,56	90,29
Proteína bruta	8,74	41,86	9,02	51,68
Extrato etéreo	2,83	1,92	4,23	0,97
FDN	52,29	31,79	13,6	16,73

¹ na base da matéria seca. FDN: Fibra em Detergente Neutro.

Foram realizadas análises bromatológicas dos ingredientes (Tabela 5) e das dietas experimentais (Tabela 6) para determinar a composição química: teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e proteína bruta (PB), seguindo os procedimentos estabelecidos por Detmann *et al.* (2021) para análise de alimentos. Além da fibra em detergente

neutro (FDN), quantificada conforme a metodologia de Mertens (2002), e a fibra em detergente ácido (FDA), determinada de acordo com Van Soest *et al.* (1991).

O concentrado foi combinado ao volumoso na proporção de 40: 60, com dietas formuladas de forma a serem isoproteica conforme detalhado na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição (%) das rações concentradas (%MS) em função da inclusão dos ingredientes da dieta utilizada.

Alimentos	Níveis de inclusão do farelo de mamona ¹				
	0%	25%	50%	75%	100%
Silagem de milho	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Farelo de mamona	0,00	3,32	6,68	10,02	13,39
Milho	28,88	28,32	27,75	27,18	26,61
Farelo de soja	11,12	8,36	5,58	2,80	0,00
Composição química (%) ¹					
Matéria seca	54,44	54,37	54,30	54,22	54,15
Proteína bruta	13,60	13,51	13,43	13,34	13,25
Extrato etéreo	3,03	3,04	3,05	3,07	3,08
Fibra em detergente neutro	37,16	37,68	38,21	38,72	39,25

¹ na base da MS.

As vacas foram mantidas em piquetes individuais, providos de comedouro e bebedouro. A alimentação foi fornecida duas vezes ao dia (8 e 16 h). O monitoramento do consumo de alimentos foi realizado diariamente para permitir sobra no cocho em torno de 10%. As amostragens e pesagens dos alimentos oferecidos e das sobras foram realizadas diariamente nos cinco últimos dias de cada período experimental.

A pesagem do leite das vacas foi realizada de forma automatizada por meio do sistema informatizado de ordenha mecânica DeLaval, com identificação eletrônica individual por colar com transponder. A leitura do transponder ocorreu automaticamente ao acesso de cada vaca à estação de ordenha, permitindo que os volumes de leite produzidos fossem registrados individualmente em tempo real no software DeLaval DelPro™, que centraliza os dados de produção de leite para cada animal.

A ordenha era realizada uma vez ao dia no período da manhã, e a produção de leite de cada vaca foi registrada diariamente do 16º ao 18º dia de cada período experimental. Amostras individuais de leite foram coletadas nesse intervalo, sendo retirada uma alíquota de 50 mL, acondicionada em frasco plástico com conservante (Bronopol®) e mantida entre 2 e 6 °C até o envio ao Laboratório de Análises de Qualidade de Leite da Universidade Federal de Goiás, onde foram avaliados os teores de lactose, gordura, proteína, extrato seco total e extrato seco desengordurado.

Os resultados foram interpretados de acordo com a análise de variância, e regressão, utilizando-se o teste “f” a 5% de significância -se o programa estatístico SISVAR Sistema de Análise de Variância (Ferreira, 2003), conforme o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + N_i + P_j + A_k + e_{ijk}$$

Onde: Y_{ijk} = variável estudada no indivíduo k, do período j, recebendo a ração com substituição i de 0, 25, 50, 75 e 100% do farelo de mamona nas rações; μ = média geral; N_i = efeito do nível i (0, 25, 50, 75 e 100% de substituição do farelo de soja nas dietas); P_j = efeito do período j; A_k = efeito do animal k; e_{ijk} = erro aleatório associado a cada observação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção e a composição do leite de vacas lactantes alimentadas com farelo de mamona em substituição ao farelo de soja no concentrado encontram-se descritas na Tabela 7. Não houve efeito significativo ($p>0,05$) dos tratamentos sobre a produção e composição do leite (gordura, proteína, lactose e sólidos totais).

Tabela 7 - Produção de leite ($\text{kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$ de leite) e composição do leite (%) de vacas lactantes alimentadas com farelo de mamona em substituição ao farelo de soja.

Variável	Níveis de Substituição do Farelo de Mamona						CV (%)
	0%	25%	50%	75%	100%	Média	
Leite ($\text{kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$)	14,29	14,27	13,69	13,47	12,61	13,66	8,73
Gordura (%)	4,78	4,17	4,34	4,02	4,50	4,36	12,45
Proteína (%)	3,61	3,58	3,78	3,53	3,39	3,58	5,59
Lactose (%)	4,43	4,41	4,46	4,54	4,47	4,46	2,70
Sólidos totais (%)	13,74	13,02	13,40	12,94	13,20	13,26	4,02

CV: Coeficiente de variação.

Esse comportamento deve-se ao adequado balanceamento nutricional das dietas, o qual garantiu a manutenção do aporte de nutrientes essenciais mesmo com a substituição total do farelo de soja pelo farelo de mamona. A similaridade entre os tratamentos em relação aos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) (Tabela 6) fornece suporte para explicar a estabilidade das respostas produtivas observadas.

Aliado a essa explicação, o Nutrient Requirements of Dairy Cattle (NRC, 2001) destaca que a ingestão de MS é o principal determinante da quantidade total de nutrientes disponibilizados ao rúmen e ao metabolismo sistêmico, constituindo o fator primário regulador da produção de leite. Dessa forma, podemos justificar que a produção do leite não foi influenciada pela substituição visto que não houve variação no consumo de MS entre as dietas. Isso é reforçado pelo estudo complementar conduzido por Lima (2024), no qual também não foram observadas diferenças no consumo de MS entre os tratamentos, apresentando média de 24,13 kg de MS.

Assim, quando não há diferenças na ingestão de MS entre grupos experimentais, tende-se a observar respostas produtivas semelhantes. Esse princípio é reforçado por Mertens (1994), que descreve o consumo de MS como um limite fisiológico à produção, influenciado diretamente pelas características físicas e nutricionais da dieta.

Van Soest (1994) enfatiza que a ingestão de MS promove um ambiente ruminal uniforme, resultando em padrões semelhantes de fermentação e síntese de ácidos graxos voláteis (AGV), especialmente acetato e propionato, que são essenciais para a síntese de gordura e lactose do leite. Resultados semelhantes ao presente estudo, foram observados por Souza *et al* (2017) que reportaram manutenção do comportamento ingestivo e do tempo de alimentação em vacas recebendo até 10% de farelo de mamona na dieta total, reforçando que o subproduto, quando adequadamente tratado, não compromete a palatabilidade nem a ingestão.

Costa (2010) aponta que substituições superiores a 33% do farelo de soja podem elevar o teor de frações fibrosas indigestíveis, especialmente lignina e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), reduzindo a digestibilidade e consequentemente o consumo de MS. Portanto no presente estudo, com a inclusão do farelo de mamona, não teve observação da redução do consumo de matéria seca.

No presente estudo, os níveis de inclusão do farelo de mamona nas dietas experimentais não elevaram a fração fibrosa da dieta acima de limites fisiologicamente aceitáveis. Os valores de FDN, variaram entre as dietas do experimento de 37,16 e 39,25% (Tabela 6), permaneceram dentro da faixa considerada segura para vacas leiteiras, o que contribuiu para preservar a digestibilidade e, o consumo de MS.

A adequação desse parâmetro também ajuda a explicar que os níveis apropriados de FDN mantêm a taxa de passagem, a mastigação e o enchimento ruminal, favorecendo a ingestão de energia e proteína, portanto a FDN influencia diretamente no comportamento ingestivo e o consumo, sendo essencial para evitar limitação física da ingestão e garantir estabilidade ruminal (Pereira, 2018).

A produção média de leite observada neste trabalho ($13,66 \text{ kg vaca}^{-1} \text{ dia}^{-1}$) foi semelhante aos valores relatados por Alves *et al.* (2010). Esses autores, ao substituírem o farelo de soja por farelo de algodão na dieta de vacas Girolando, encontraram média de 14,03 kg/dia e relataram que a substituição da fonte proteica não influenciou o consumo de MS, fato atribuído, entre outros fatores, à manutenção de teores adequados de FDN, que não ultrapassaram limites capazes de comprometer a digestibilidade.

Ao comparar os teores da composição do leite para gordura, proteína, lactose e sólidos totais (Tabela 7) com os padrões da IN 76/2018, pode ser observado que os teores se encontram dentro do recomendado para limites mínimos (Tabela 3). A constância desses componentes indica que o metabolismo das vacas recebeu suprimento nutricional suficiente independentemente da fonte proteica utilizada.

O NRC (2001) destaca que o teor de proteína dietética é determinante para a síntese de proteína microbiana, principal fonte de aminoácidos metabolizáveis para a produção de proteína do leite, e reforçam que pequenas variações na fonte proteica não promovem diferenças expressivas na composição do leite quando a dieta é isoproteica.

O teor de gordura do leite permaneceu estável entre os tratamentos, variando entre 4,02 e 4,78%, valores que se mantêm acima do mínimo recomendado pela IN/76/2018. Essa permanência indica que a substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não alterou de forma negativa a fermentação ruminal, especialmente a produção de acetato e butirato, principais precursores da síntese lipídica na glândula mamária.

As dietas apresentaram teores relativamente semelhantes de MS, FDN e EE, o que contribuem para manter o ambiente ruminal funcional, garantindo produção consistente de ácidos graxos voláteis. Aguiar *et al.* (2015) demonstraram que o uso de subprodutos proteicos alternativos não compromete o teor de gordura quando a dieta mantém adequado equilíbrio fibra e energia.

O teor de proteína do leite apresentou variação mínima entre 3,39 e 3,78%. Tacoma *et al.* (2017) destacam que, quando o balanço entre nitrogênio degradável e carboidratos fermentáveis é preservado, o tipo de fonte proteica exerce pouca influência sobre os níveis de proteína do leite, colaborando com os resultados observados no presente estudo.

Em relação à lactose, os valores médios obtidos de 4,46%, tende a ser o componente mais estável da composição do leite, pois sua síntese é regulada por mecanismos osmóticos do leite, ou seja, a lactose secretada nas células da glândula mamária atrai água do sangue para o lúmen alveolar, determinando o volume de leite produzido, sendo pouco influenciada pela dieta, desde que o aporte energético esteja adequado (Fox; McSweeney, 2015).

Aliado a isso, a constância dos níveis de lactose entre os tratamentos sugere que não houve comprometimento no suprimento energético das vacas. Isso se deve ao fato de que a síntese de lactose depende da disponibilidade de energia para a produção de glicose. Como o padrão fermentativo ruminal permaneceu inalterado, a formação de precursores gliconeogênicos foi mantida (Carvalho, 2023).

Portanto, esse mecanismo osmótico e metabólico também explica por que a lactose é considerada o principal determinante do volume de leite: quanto maior a síntese de lactose, mais água será atraída para o leite, ampliando o volume produzido; se a lactação for mantida e a glândula mamária operar normalmente, a porcentagem de lactose tende a se manter relativamente constante entre animais e tratamentos (Silanikove; Merin; Leitner, 2006).

Os resultados deste estudo demonstram que a substituição de até 100% do farelo de soja pelo farelo de mamona não comprometeu a produção e composição do leite. Reforçando o potencial desse coproduto como alternativa nutricional viável para vacas lactantes. O farelo de mamona pode integrar estratégias quando adequadamente processado e incluído em dietas isoproteicas, reduzindo a dependência de fontes proteicas convencionais sem prejuízo à eficiência produtiva.

Esses dados contribuem para ampliar o conhecimento sobre o uso de subprodutos agroindustriais na pecuária leiteira e indicam perspectivas positivas para sua adoção em sistemas de produção que buscam reduzir custos e diversificar ingredientes.

5 CONCLUSÃO

A inclusão do farelo de mamona no concentrado em substituição ao farelo de soja não altera a produção e a composição do leite de vacas lactantes, indica que é possível substituir em até 100% do farelo de soja por farelo mamona sem comprometer o desempenho produtivo de vacas leiteiras.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. C. R. de; ROCHA J.Ú, V. R.; CALDEIRA, L. A.; ALMEIDA F., S.H. C. de; RUAS, J. R. M.; SOUZA, V. M. de; COSTA, M. D. da; PIRES, D. Ananias de Assis. Composição do leite de vacas alimentadas com diferentes fontes de compostos nitrogenados. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 16, n. 3, p. 591-605, jul./set. 2015. ISSN 1519-9940.
- AKANDE, T. O.; ODUNSI, A. A.; AKINFALA, E. O. A review of nutritional and toxicological implications of castor bean (*Ricinus communis* L.) meal in animal feeding systems. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 100, n. 2, p. 201–210, 2016.
- ALVES, A. F.; ZERVOUDAKIS, J. T.; HATAMOTO-ZERVOUDAKIS, L. K.; CABRAL, L. S.; LEONEL, F. P.; PAULA, N. F. de. Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia em dietas para vacas leiteiras em produção: consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e produção leiteira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 3, p. 532–540, 2010.
- ANANDAN, S.; ANIL KUMAR, G. K.; GHOSH, J.; RAMACHANDRA, K. S. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology, Amsterdam**, v. 120, n. 1–2, p. 159–168, 2005.
- ARAÚJO, R. A. de. **Torta de mamona destoxificada por soluções alcalinas em dietas de fêmeas caprinas leiteiras**. 2019. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Zootecnia, Fortaleza, 2019.
- ARAÚJO, R. A.; NEIVA, J. N. M.; ROGÉRIO, M. C. P.; CÂNDIDO, M. J. D.; EGITO, A. S.; PEREIRA, P. L.; LUCAS, R. C.; POMPEU, R. C. F. F. Destoxificação e perfil nutricional da torta de mamona destoxificada por diferentes soluções alcalinas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 5, p. 1947–1958, 2020.
- BEDNARSKI, M.; KUPCZYŃSKI, R. Factors affecting milk productivity, milk quality and dairy cow health. **Animals**, v. 14, n. 24, p. 3707, 2024.
- BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Digestão dos alimentos pelos ruminantes. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. cap. 3.
- BOMFIM, M. A. D.; SEVERINO, L.S.; CAVALCANTE, A. C. R.; OLIVEIRA, A.; GOMES, G.M. F.e F.; PEREIRA, L. P. S.; OLIVEIRA, S. Z. R. Avaliação da casca de mamona na alimentação de ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECCIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais eletrônicos**. João Pessoa: SBZ, 2006. p. 1–4
- BOSE, M.L.V.; WANDERLEY, R.C. Digestibilidade e balanço metabólico da fração nitrogenada do farelo de mamona desintoxicado e de feno de alfafa em ovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.17, n.5, p.456-464, 1988.
- BOUGOUIN, A.; MARTIN, C.; DOREAU, M.; FERLAY, A. Effects of starch-rich or lipid-supplemented diets that induce milk fat depression on rumen biohydrogenation of fatty acids

and methanogenesis in lactating dairy cows. **Animal**, Cambridge, v. 13, n. 6, p. 1421–1432, 2019.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 ago. 2010.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 76, de 26 de novembro de 2018**. Estabelece os regulamentos técnicos de identidade e qualidade do leite cru refrigerado, leite pasteurizado e leite pasteurizado tipo A. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 9, 30 nov. 2018.

BRITO, M. F.; TOKARNIA, C. H. Intoxicação experimental pelas sementes trituradas de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) em coelhos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 16, n. 4, 1996.

BRONZO, V.; VILLA, L.; RIVA, F.; AMADORI, M.; CURONE, G.; ADDIS, M. F.; CREMONESI, P.; MORINI, P.; TREVISI, E.; CASTIGLIONI, B. The role of innate immune response and microbiome in dairy cow resilience to disease: the mastitis model. **Animals**, v. 10, n. 8, p. 1397, 2020.

CABRAL, J. F.; SILVA, M. A. P.; CARDOSO, T. S.; BRASIL, R. B.; GARCIA, J. C.; NASCIMENTO, L. E. C. Relação da composição química do leite com o nível de produção, estágio de lactação e ordem de parição de vacas mestiças. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 71, n. 4, p. 536, 2022.

CAMPOS, E. S. C.; SANTOS, V. M. L. Estudo do processo de extração de óleo de mamona em cooperativas do polo São Francisco. **Engvista**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 4, p. 477–490, dez. 2015.

CÂNDIDO, M. J. D.; BOMFIM, M. A. D.; SEVERINO, L. S.; OLIVEIRA, S. D. Utilização de co-produtos da mamona na alimentação animal. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA**, 3., 2008. Anais... [local de publicação, se disponível], p. 1-21.

CARVALHO, R. B. **Aspectos nutricionais e bioquímicos que afetam a produção e composição química do leite de vaca**. 2023 Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) Universidade Federal do Norte do Tocantins, Centro de Ciências Agrárias, Araguaína, 2023.

CHEN, L.; THORUP, V. M.; KUDAHL, A. B.; ØSTERGAARD, S. Effects of heat stress on feed intake, milk yield, milk composition, and feed efficiency in dairy cows: a meta-analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 107, n. 5, 2024.

COELHO, R. N.; FRANCO, G. L. Depressão da gordura do leite induzida pela dieta. **Anais da XI Mostra Científica FAMEZ / UFMS**, Campo Grande, 2018.

CONAB **Companhia Nacional de Abastecimento**. 9º levantamento – safra 2024/2025: boletim da safra de grãos. Brasília: Conab, jun. 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-graos/boletim-da-safra-de-graos/9o-levantamento-safra-2024-25/9o-levantamento-safra-2024-25>. Acesso em: 30 jun. 2025.

COSTA, J. V. **Desempenho produtivo de vacas lactantes alimentadas com farelo de mamona tratado com óxido de cálcio**. 2010. 43 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Animais Domésticos) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

CROCHEMORE, Amanda Rickes; DORS, Giniani Carla; NASCENTE, Patrícia da Silva. Qualidade e composição do leite: raças Holandesa e Jersey. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 11, n. 2, p. 217–226, 2021.

DETMANN, E.; COSTA E SILVA, L. F.; ROCHA, G. C.; PALMA, M. N. N.; RODRIGUES, J. P. P. **Métodos para análise de alimentos**. 2. ed. Viçosa, MG: INCT – Ciência Animal, 2021. 350 p.

EMBRAPA GADO DE LEITE. Anuário Leite 2024. Juiz de Fora: Embrapa **Gado de Leite**, 2024. 140 p. Edição digital. Disponível em: /mnt/data/Anuario-Leite-2024.pdf. Acesso em: inserir data de acesso.20 nov2025.

EMBRAPA GADO DE LEITE. Anuário Leite 2025: **produção de leite e as mudanças climáticas**. Juiz de Fora: Embrapa, 2025. 126 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1176413/1/Anuario-Leite%202025.pdf>. Acesso em: 02 dez. 2025.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Características da planta**. Agência de Informação Tecnológica – Embrapa, 23 fev. 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/mamona/pre-producao/caracteristicas-da-especie-e-relacoes-com-o-ambiente/caracteristicas-da-planta>. Acesso em: 24 nov. 2025.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Composição do leite**. Agência de Informação Tecnológica – Embrapa. Juiz de Fora, 08 dez. 2021. Disponível em: https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/criacoes/gado_de_leite/pre-producao/qualidade-e-seguranca/qualidade/composicao. Acesso em: 24 nov. 2025.

EMBRAPA. **Farelo de mamona é testado como nova opção para alimentação de bovinos de corte**. Embrapa, 04 set. 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/92216550/farelo-de-mamona-e-testado-como-nova-opcao-para-alimentacao-de-bovinos-de-corte>. Acesso em: 08 dez. 2025.

FARIAS, S. S.; SILVA, T. N. F.; MAIA, R.T. Isômeros da baicalina como potencial antídoto para a intoxicação por ricina. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 10, n. 2, p. 64–83, maio/ago. 2021. ISSN 2317-8469.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: sistema de análise de variância**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2003.

FONSECA, B. G.; SOTO-BLANCO, B. Ricin: basic research and toxicology. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 4, p. 599-607, 2014.

FOX, P. F.; McSWEENEY, P. L. H. **Advanced Dairy Chemistry: Lactose, Water, Salts and Minor Constituents**. 3. ed. New York: Springer, 2015. v. 3.

FREITAS, S. C.; ANTONIASSI, R.; OLIVEIRA, L. A. A.; LOPES, G.M.; JÚNIOR, I. G. R.;

Composição de farelo desengordurado de variedades de mamona cultivadas no município de Itaocara, Estado do Rio de Janeiro. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA**, 3., 2008, Salvador. Energia e ricinoquímica: anais. Salvador: SEAGRI; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. 1 CD-ROM.

GOMES, A. P.; ERVILHA, G. T.; MELO, T. de P.; GOMES, A. P. W. E., Custos e rentabilidade na produção de leite. **Revista de Economia e Agronegócio, Viçosa**, v. 22, n. 2, p. 1–20, 2024.

GOMES, F. H. T.; CÂNDIDO, M. J. D.; PEREIRA, E. S.; LOPES, J. W. B.; FEITOSA, J.V.r; POMPEU, R. C. F. F. Composição bromatológica e degradação in situ de subprodutos da cadeia do biodiesel. **Revista Científica de Produção Animal**, Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 144–156, 2009.

GONÇALVES, J. L.; FREU, G.; GARCIA, B. L. N.; BARCELOS, M. M.; ALVES, B. G.; LEITE, R. F.; MONTEIRO, C. P.; MARTINS, C. M. M. R.; TOMAZI, T.; HOGEVEEN, H.; SANTOS, M. V. Effect of bovine subclinical mastitis on milk production and economic performance of Brazilian dairy farms. Efeito da mastite subclínica bovina sobre a produção de leite e desempenho econômico de fazendas leiteiras brasileiras. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 60, p. 1-10, 2023.

GONZÁLEZ, F. H. D. (Ed.). **A vaca leiteira do século 21: lições de metabolismo e nutrição**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Veterinária, 2021. 1 recurso online (348 p.): il. PDF. ISBN 978-65-5973-073-5.

GRACZCKI, G. L.; OLIAS, C.; SAUER, A. V.; BUSNELLO, F. J.; LUZ, G. L.; LAJÚS, C. R. Estresse térmico em vacas leiteiras: revisão. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 16, n. 3, e1065, p. 1–4, mar. 2022.

HARDING, F. **Milk Quality**. 1. ed. Glasgow: Blackie Academic e Professional, 1995. 166 p.

HUSSAIN, R.; JAVED, M. T.; KHAN, A. Changes in some biochemical parameters and somatic cell counts in the milk of buffalo and cattle suffering from mastitis. **Pakistan Veterinary Journal**, v. 32, n. 3, p. 418–421, 2012.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa trimestral do leite 2024**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

LABIAK, G.; STROPARO, T. R. Análise de custos e rentabilidade da atividade leiteira em uma propriedade familiar. **Revista Ibero Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 9, n. 7, p. 1657–1673, jul. 2023.

LARSEN, M.; BERGMAN, E.; ÅKERLUND, M.; ÖSTENDAHL, F.; BERGMAN, T.; BERGMAN, C. The effect of dietary forage to concentrate ratio and forage type on milk fatty acid composition and milk fat globule size of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v. 102, n. 10, p. 8825–8838, 2019.

LEIRAS, A. **A cadeia produtiva do biodiesel: uma avaliação econômica para o caso da Bahia**. 2006. 489 f. Dissertação (Mestrado) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

LI, M.; LUO, R.; YIN, M.; WANG, Z.; SU, Z.; GU, X.; HU, X.; ZHANG, C.; HUANG, F. Castor bean meal fertilizer improves peanut yield and quality by regulating the soil physicochemical environment and soil enzyme activities. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 24, n. 3, p. 4681–4701, 2024.

LIMA, F. M. **Comportamento ingestivo de vacas lactantes alimentadas com farelo de mamona**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Linguagem, Ciências Agrárias e Sociais Aplicadas, Campus Universitário de Pontes e Lacerda, Pontes e Lacerda, 2024.

LIMA, M. R.; LUDKE, M. C. M. M.; SANTOS, E. L.; NUNES, C. A. R.; OLIVEIRA, C. J. P. Farelo de mamona em dietas para tilápia do Nilo / Castor bean bran in diets for Nile tilapia. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 22, n. 3, 2023. Universidade do Estado de Santa Catarina.

LUDOVICO, A.; TRENTIN, M.; RÊGO, F. C. A. Fontes de variação da produção e composição de leite em vacas Holandesa, Jersey e Girolando. **Archivos de Zootecnia**, v. 68, n. 262, p. 236-243, 2019.

MACHADO, F. R. **Composição química e propriedades funcionais de proteínas de sementes oleaginosas**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

MANICA, E. **Impacto das ondas de calor sobre a produção de leite e respostas termorregulatórias de vacas Holandesas**. 2022. Tese (Doutorado em Qualidade e Produtividade Animal) Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2022.

MARTINS, H. M. F. **Líquido da casca da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) e óleo de mamona (*Ricinus communis* L.) na fermentação ruminal in vitro de dietas com diferentes relações volumoso: concentrado**. 2023. 108 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal do Norte do Tocantins, Programa de Pós-Graduação Integrada em Zootecnia nos Trópicos, Araguaína, 2023.

MARTINS, N. P. **Associação de óleos essenciais e leveduras na dieta de vacas em lactação: efeitos na produção de leite, digestibilidade dos nutrientes e eficiência produtiva**. 2024. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2024.

MEDEIROS, F. F.; CARVALHO, G. G. P.; BATISTA, A. M. V.; MIZUBUTI, I. Y.; OLIVEIRA, R. L.; RODRIGUES, C. S.; PERES, A. J. V. Fontes proteicas alternativas oriundas da cadeia produtiva do biodiesel para alimentação de ruminantes. **Arquivo brasileiro de medicina veterinária e zootecnia**, v. 67, n. 2, p. 519–526, 2015.

MENESES, A. J. G.; POMPEU, R. C. F. F.; SALLES, H. O.; GUEDES, L. F.; ANDRADE, I. R. A.; FURTADO, R. N.; CÂNDIDO, M. J. D. Bioeconomic evaluation of pasture sheep finishing using castor bean cake. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 24, e-73410E, 2023.

- MENEZES, D. R.; COSTA, R. G.; ARAÚJO, G. G. L.; PEREIRA, L. G. R.; NUNES, A. C. B.; HENRIQUE, L. T.; RODRIGUES, R. T. S. Cinética ruminal de dietas contendo farelo de mamona destoxificado. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 67, n. 2, p. 636–641, 2015.
- MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217–1240, 2002.
- MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G. C. (Ed.). **Forage quality, evaluation, and utilization**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. p. 450–493.
- NASCIMENTO, K. B.; SACRAMENTO, J. P.; FERREIRA, A. L. Efeito da ordem de lactação e do nível de alimentação sobre a produção e composição do leite em vacas Girolando. **Revista MV&Z**, v. 14, n. 3, p. 63–63, 2016.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7. rev. ed. Washington, DC: National Academies Press, 2001. 408 p. ISBN 0-309-51521-1.
- NAUFEL, F.; ASSIS, F. P.; REZENDE, M. L. R.; ROCHA, G. L.; BECKER, M.; CAIELLI, E. L.; KALIL, E. B. Efeitos comparativos da administração de farelos de torta de mamona atoxicada, de soja e de algodão na dieta de vacas em lactação. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v. 20, p. 47–53, 1962.
- NOVAES, M. A. S. **Fatores que interferem na qualidade do leite bovino: uma revisão**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Medicina Veterinária) Universidade do Estado da Bahia, Barreiras, 2024.
- OLIVEIRA, A. S. de; OLIVEIRA, M. R. C.; CAMPOS, J. M. S.; LANA, R. P.; MACHADO, O. L. T.; RETAMAL, C. A.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. In vitro ruminal degradation of ricin and its effect on microbial growth. **Animal Feed Science and Technology**, v. 157, p. 41-54, 2010.
- OLIVEIRA, A. S. L.; DÍAZ, G. C.; MUCHAVE, G. J.; CARLIZ, R. G. Avaliação do potencial do óleo de mamona (*Ricinus communis* L.) na produção de hidrocarbonetos renováveis via hidrodesoxigenação. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v. 17, n. 12, p. 1–25, 2024.
- OLIVEIRA, R. L.; LEÃO, A. G.; ABREU, L. L.; TEIXEIRA, S.; SILVA, T. M. Alimentos alternativos na dieta de ruminantes. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 2, p. 141–160, 2013.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. **Nova York: ONU**, 2015.
- PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato
- PEGOLO, S.; MOTA, L. F. M.; BISUTTI, V. Genetic parameters of differential somatic cell count, milk composition, and cheese-making traits measured and predicted using spectral data in Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 104, n. 10, p. 10934-10947, 2021.

PEREIRA, P. H. B. **Comportamento ingestivo de novilhas leiteiras alimentadas com níveis crescentes de FDN na dieta total**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Zootecnia) Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018.

PETROBRAS BIOCOMBUSTÍVEL S.A. **Posicionamento da Petrobras Biocombustível S.A. na Consulta Pública nº 10/2018, de 10 de maio de 2018, que trata da regulamentação do credenciamento de firmas inspetoras visando a certificação de biocombustíveis**. Rio de Janeiro, 25 maio 2018. 4 p. Disponível em: arquivo fornecido pelo usuário.

PINTO, Bárbara Juliete Freire. **Inativação de inibidores de tripsina na mamona (*Ricinus communis* L.) processada industrialmente após tratamentos térmico e químico**. 2025. Trabalho acadêmico Universidade Federal do Ceará, Campus Sobral, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Sobral, 2025.

RASETTI-ESCARGUEIL, C.; AVRIL, A. Medical countermeasures against ricin intoxication. **Toxins**, Basel, v. 15, n. 2, p. 100, 2023.

RIBEIRO, L. F. **Fatores determinantes para a qualidade do leite e derivados**. 1. ed. Monte Carmelo, MG: Editora Fucamp, 2021. PDF. ISBN 978-65-00-18889-9.

ROCHA, A. C.; ALVES, F. G. S.; SALLES, H. O.; POMPEU, R. C. F. F.; LÜDKE, M. C. M.; SEVERINO, L. S.; CÂNDIDO, M. J. D. The industrial process of solvent extraction of castor oil reduces the toxicity of the meal. **Industrial Crops and Products**, v. 181, p. 114800, 2022.

SANGALI, E.; GOETTEMES, E. J.; MOZER, E.; SCHNEIDER, M. F.; PILETTI, R. **Controle de qualidade do leite, uma abordagem sobre produção, manejo e higiene**. Itapiranga: FAI Faculdade de Itapiranga, 2018.

SANTOS, J.; EBLING, P.; BONOTTO, R. Balanço nutricional e a composição do leite. **Revista Inovação - Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 1 n. 1, p. 195–200, 2022.
SEVERINO, L. S. O que sabemos sobre a torta de mamona. Campina Grande: **Embrapa Algodão**, 2005. 31 p. (Documentos, 134).

SILANIKOVE, N.; MERIN, U.; LEITNER, G. Physiological role of indigenous milk enzymes: an overview of an evolving picture. **International Dairy Journal**, Oxford, v. 16, n. 6, p. 533–545, 2006.

SILVA, C. C.; POLLI, S. A. O Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel – PNPB e a atuação da agricultura familiar. **Brazilian Journal of Health Review**, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 3542–3555, mar. /abr. 2020.

SOARES, H. R. **Uso de extrusora do tipo *expeller* para a obtenção de óleo a partir de diferentes sementes oleaginosas**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal da Paraíba, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, João Pessoa, 2019.

SOUZA, A. P.; MOTA, L. L.; ZAMADEI, T.; MARTIN, C. C.; ALMEIDA, F. T.; PAULINO, J. Classificação climática e balanço hídrico climatológico no estado de Mato Grosso. **Nativa**, v. 1, n. 1, p. 34-43, 2013.

SOUZA, D. D. de; SILVA, F. F. da; SILVA, R. R.; PORTO JÚNIOR, A. F.; PIMENTEL, L. R.; SANTIAGO, B. M.; SANTOS, A. P. dos; VIEIRA, T. M.; SANTOS E SANTOS, W. B.; SILVA, A. R. da. Performance and nutritional parameters of lactating cows on pasture receiving castor bean meal. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 4, Supl. 1, p. 2619-2630, 2017.

SOWA-ROGOZIŃSKA, N.; SOMINKA, H.; NOWAKOWSKA-GOŁACKA, J.; SANDVIG, K.; SŁOMIŃSKA-WOJEWÓDZKA, M. Transporte intracelular e citotoxicidade da toxina proteica ricina. **Toxins**, v. 11, n. 6, art. 350, 2019.

STANEK P, ŻÓLKIEWSKI P, JANAÚS E. Uma revisão sobre a pesquisa de mastite em vacas leiteiras: situação atual e perspectivas futuras. **Agricultura** 2024; 14(8):1292.

TACOMA, R.; FIELDS, J.; EBENSTEIN, D. B.; LAM, Y.-W.; GREENWOOD, S. L. Ratio of dietary rumen degradable protein to rumen undegradable protein affects nitrogen partitioning but does not affect the bovine milk proteome produced by mid-lactation Holstein dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 100, p. 7246–7261, 2017.

TÁVORA, F. J. A. F. **A cultura da mamona**. Fortaleza: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE), 1982. 111 p.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca (NY): Cornell University Press, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v. 74, n. 10, p. 3583 3597, 1991.

WROBEL, T. J.; BRILHAUS, D.; STEFANSKI, A.; STÜHLER, K.; WEBER, A. P. M.; LINKA, N. Mapping the castor bean endosperm proteome revealed a metabolic interaction between plastid, mitochondria, and peroxisomes to optimize seedling growth. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, 2023.