

Bruna Ferreira Vasconcelos

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CABRAS GESTANTES
ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA DESTOXIFICADO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Vale do Acaraú como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Zootecnia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu.

Coorientador: Prof. Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério

Sobral – CE
2024

Bruna Ferreira Vasconcelos

**AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CABRAS GESTANTES
ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA DESTOXIFICADO**

Esta Dissertação foi julgada adequada como requisito parcial para obtenção do título de “Mestre em Zootecnia” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Estadual Vale do Acaraú

Sobral, 21 de Março de 2024.

Profa. Cláudia Goulart de Abreu, Dr.^a
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu
Orientador
Universidade Estadual Vale do Acaraú

Prof. Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério
Coorientador
Universidade Estadual Vale do Acaraú

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido
Examinador externo
Universidade Federal do Ceará

Dr. Tibério Sousa Feitosa
Examinador externo

Este trabalho é dedicado ...

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me iluminado nos momentos difíceis desta jornada.

A família, por todo suporte e oportunidade de estudo que me foi concedido.

À Universidade Estadual Vale do Acaraú – UVA e os professores do Departamento de Zootecnia.

À Fundação Cearense de Amparo à Pesquisa – FUNCAP, pela concessão de bolsa de estudo durante o curso de mestrado.

À Embrapa Caprinos e Ovinos, pelo financiamento do projeto e pela contribuição de seus funcionários e instalações.

Ao meu orientador, Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu, expressei profunda gratidão por acreditar em mim em liderar o projeto, proporcionar ensinamentos valiosos e compartilhar sua atenção e amizade.

Ao coorientador Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério, agradeço pelos ensinamentos e contribuição na realização do projeto.

Ao Dr. Delano de Sousa Oliveira, agradeço por sua contribuição essencial na formulação das dietas experimentais para o projeto.

Ao Dr. Abner José Girão Meneses (IFCE- Crato) agradeço pela disponibilidade na incubação dos materiais realizados em bovinos.

Em especial, quero expressar minha profunda gratidão aos dedicados funcionários da Embrapa Caprinos e Ovinos, cujo árduo trabalho foi fundamental para o êxito deste projeto. Agradeço imensamente a colaboração de Seu Adauto, Seu Lino, Seu Diniz e Seu Carlinhos, que acompanharam de perto na estação de monta. A contribuição de Alexandre Weick na gestão da reprodução dos animais, Marcílio Nilton pelo cuidado com a sanidade durante o período experimental, e a dedicação de Seu Toin, Zé Orlando, Seu Alex na trituração do feno. Um agradecimento especial a Francisco Welinton, que esteve sempre disponível para nos apoiar e acompanhar. O sucesso deste trabalho é fruto da colaboração exemplar de cada um de vocês.

Aos professores que participaram das bancas examinadoras de qualificação e defesa, Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu, Dr. Marcos Cláudio Pinheiro Rogério, Dr. Magno José Duarte Cândido, Dr. Tibério Sousa Feitosa.

Aos amigos Andressa Araújo, Rita de Kássia, Pedro Vitor, Diogo, Jéssica Maranguape, Barbara Holanda, Maria Joana, Ricardo, Josiel, Luana Monte, Gabriel pela enorme ajuda nas etapas de coletas de dados.

Aos colegas de Pós-Graduação, pelo companheirismo durante o curso: Rita de Kássia, Barbara Holanda, Gabriel, Adelino, Margarida, Débora, Iara, Andressa.

E, por fim, quero expressar meu agradecimento a mim mesma, que trabalhou arduamente ao longo desses dois anos, e apenas Deus sabe as dificuldades que enfrentei para entregar este trabalho com êxito.

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E DESEMPENHO PRODUTIVO DE CABRAS GESTANTES ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA DESTOXIFICADO

Objetivou-se avaliar o farelo de mamona destoxificado dessolventizado e seu potencial como substituto do farelo de soja no desempenho produtivo de fêmeas caprinas gestantes. Para isso, utilizou-se um total de 16 cabras das raças Saanen (6) e Anglo Nubiana (10), com peso corporal inicial médio de $41,51 \pm 5,14$ kg e escore corporal de $3,0 \pm 0,3$, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2×2 (dieta x raça). No primeiro capítulo, o farelo de mamona industrialmente destoxificado (FMD) foi testado como substituto do farelo de soja, sendo uma alternativa viável em substituição total ao farelo de soja em fêmeas caprinas gestantes, pois apresenta maior digestibilidade de nutrientes e não afeta o comportamento ingestivo, uma vez que não houve diferença no consumo entre as duas dietas e o tempo despendido em ingestão de ração e ruminação foi igual para ambas. Foram observadas alterações nos parâmetros fisiológicos, que não permaneceram dentro dos padrões normais, podendo ter sido influenciados pelo *status* fisiológico das fêmeas caprinas e pelo estresse ou desconforto animal ocasionado pela alta temperatura. No segundo capítulo, o foco foi avaliar a influência da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona sobre o desempenho produtivo das fêmeas caprinas gestantes. A inclusão do FMD na dieta mostrou-se atrativa, uma vez que as cabras apresentaram melhor conversão alimentar e seu uso não provocou alterações hepáticas e renais. Além disso, as dietas contendo FMD resultaram em menores valores de nitrogênio excretado pelas fezes e urina, assim como no balanço de nitrogênio mais favorável em comparação com o farelo de soja. Observou-se também uma melhor digestibilidade de matéria seca e nutrientes nas dietas contendo FMD e mesmo assim não afetou no desempenho das fêmeas caprinas gestantes, porém houve efeito sobre o peso das crias ao nascer sendo FMD ter melhor peso em relação ao FS, podendo ser influenciado pela melhor disponibilidade de nutrientes das dietas contendo FMD, além disso o número de crias pode ter induzido no peso final das crias.

Palavras-chave: Caprino. Destoxificação. Leite. *Ricinus communis*. Peso das crias.

NUTRITIONAL ASSESSMENT AND PRODUCTION PERFORMANCE OF PREGNANT GOATS FED WITH DETOXIFIED CASTOR BEAN

The objective was to evaluate desolventized castor bean meal as a potential substitute for soybean meal in the productive performance of pregnant female goats. A total of 16 goats of Saanen (6) and Anglo Nubian (10) breeds, with an average initial body weight of 41.51 ± 5.14 kg and body condition score of 3.0 ± 0.3 , were used in a completely randomized design, in a 2 x 2 factorial arrangement (diet x breed). In the first chapter, industrially detoxified castor bean meal (FMD) was tested as a substitute for soybean meal, proving to be a viable alternative for total replacement of soybean meal in pregnant female goats. It demonstrated higher 9utrient digestibility and did not affect feeding behavior, as there was no difference in consumption between the two diets, and the time spent on feed intake and rumination was equal for both. However, alterations in physiological parameters were observed, which did not remain within normal standards, possibly influenced by the physiological status of the female goats and by the stress or discomfort caused by the high temperature. In the second chapter, the focus was on evaluating the influence of substituting soybean meal with castor bean meal on the productive performance of pregnant female goats. The inclusion of FMD in the diet proved to be attractive, as the goats showed better feed conversion, and its use did not 9utrient hepatic and renal alterations. Furthermore, diets containing FMD resulted in lower values of nitrogen excreted in feces and urine, as well as a more favorable nitrogen balance compared to soybean meal. Additionally, diets containing FMD exhibited better digestibility of dry matter and 9utrient9, without affecting the performance of pregnant female goats. However, there was an effect on the birth weight of the kids, with FMD resulting in a higher birth weight compared to soybean meal, possibly influenced by the better 9utrient availability of diets containing FMD. Moreover, the number of kids may have also influenced the final weight of the kids.

Keywords: Goat. Detoxification. Milk. *Ricinus communis*. Birth weight.

LISTA DE FIGURAS

Introdução geral

Figura 1 – Estrutura cristalina (à esquerda) e uma representação em desenho (à direita) da holotoxina de ricina18

Figura 2 – Tráfego intracelular da ricina19

Capítulo I

Figura 1 – Fracionamento da casca e farelo de mamona. Ao lado direito casca de mamona e do lado esquerdo farelo de mamona24

Capítulo II

Figura 1 – Fracionamento da casca e farelo de mamona.....38

LISTA DE TABELAS

Capítulo I

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes das dietas experimentais	24
Tabela 2 – Proporção dos ingredientes e composição química das dietas	24
Tabela 3 – Resultado do fracionamento da casca de mamona proveniente da indústria Azevedo Óleos Ltda	25
Tabela 4 – Atividades contínuas de fêmeas caprinas gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja	27
Tabela 5 – Frequência de atividades descontínuas de fêmeas caprinas gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja	27
Tabela 6 – Consumo de matéria seca, de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, tempo de alimentação e de ruminação de fêmeas caprinas leiteiras alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja	28
Tabela 7 – Eficiência alimentar e ruminal em fêmeas caprinas leiteiras no terço-final da gestação alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja	28
Tabela 8 – Parâmetros fisiológicos de fêmeas caprinas gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado ao farelo de soja	30

Capítulo II

Tabela 1 – Composição química dos ingredientes das dietas experimentais	37
Tabela 2 – Proporção dos ingredientes e composição química das dietas	38
Tabela 3 – Resultado do fracionamento da casca de mamona proveniente da indústria Azevedo Óleos Ltda	38
Tabela 4 – Peso e escore de condição corporal de cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona em substituição ao farelo de soja durante a gestação e peso dos cabritos gerados	42
Tabela 5 – Consumo de matéria seca e nutrientes de cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja	42
Tabela 6 – Digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes em cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja	43
Tabela 7 – Balanço de nitrogênio em cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja durante as fase	43
Tabela 8 – Parâmetros sanguíneos das cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja durante a gestação	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C	Graus Celsius
ABNT	Associação brasileira de normas técnicas
ALB	Albumina
ALT	Alanina aminotransferase
AST	Aspartato aminotransferase
bat/min-1	Batimento por minuto
BILDIR	Bilirrubina direta
BN	Balanço de nitrogênio
CA	Conversão alimentar
CE	Ceará
CEE	Consumo de extrato étéreo
CFNDcp	Consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína
CMS	Consumo de matéria seca
CNDT	Consumo do nitrogênio total
CNF	Teor de carboidratos não fibrosos
CONAB	Companhia nacional de abastecimento
CPB	Consumo de proteína bruta
CREAT	Creatinina
CT	Carboidratos totais
CV	Coeficiente de variação
DEE	Digestibilidade do extrato etéreo
DFDA	Digestibilidade da fibra em detergente ácido
DFDN	Digestibilidade da fibra em detergente neutro
DMS	Digestibilidade da matéria seca
DPB	Digestibilidade da proteína bruta
EALFDN	Eficiência alimentar de fibra em detergente neutro
EALMS	Eficiência alimentar da matéria seca
ECC	Escore de condição corporal
EDTA	Ácido etilenodiamino tetra-acético
ERUFDN	Eficiência da ruminação em detergente neutro
ERUMS	Eficiência de ruminação da matéria seca
FC	Frequência cardíaco
FDA	Fibra em detergente ácido
FDNi	Fibra em detergente neutro indigestível
Fig.	Figura
FMD	Farelo de mamona destoxificado
FND	Fibra em detergente neutro
FOSFALC	Fosfatase Alcalina
FR	Frequência respiratória
FS	Farelo de soja
g	Grama
g/dia	Gramas por dia
g/dL	Grama por decilitro
GGT	Gama glutamil transferase
GMD	Ganho médio diário
GP	Ganho de peso mobilizado para a cria
h/dia	Horas por dia
IBGE	Instituto brasileiro de geografia e estatística

kg Quilograma
M Molaridade
m² Metro quadrado
mg.kg Miligramas por quilo
mg.L Miligramas por litros
mg/dL Miligramas por decilitro
mL Mililitro
MMnb Número de mastigações merícicas por bolo ruminal
MMtb Tempo despendido de mastigação merícica por bolo ruminal
MN Matéria natural
mov./min-1 Movimento por minuto
MS Matéria seca
NaCl Cloreto de sódio
NBR Número de bolo ruminal
NC Nitrogênio consumido
NDT Nutrientes digestíveis totais
NDT Nutrientes digestíveis totais
NF Nitrogênio excretado nas fezes
NIDA Compostos nitrogenados insolúveis no detergente ácido
NIDN Compostos nitrogenados insolúveis no detergente neutro
NMF Nitrogênio metabólico fecal
NR Nitrogênio retido
NRC Nutrient requirements of small ruminants
Ns Não significativo
NU Nitrogênio excretado na urina
p/v peso por volume
PPT Proteína plasmática total
PV Peso vivo
SP São Paulo
Tab. Tabela
TAL Tempo de alimentação
TMT Tempo de mastigação total
TR Temperatura retal
TRU Tempo de ruminação
TSC Temperatura superficial corporal
U/L Unidade por litro
UH/mL Unidade de hemaglutinação por mililitro
UTM Unidade de tamanho metabólico

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	12
1.1. Objetivos	15
1.1.1. Objetivo geral.....	15
1.1.2. Objetivo específico	15
2. CAPÍTULO I: COMPORTAMENTO INGESTIVO E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE FÊMEAS CAPRINAS GESTANTES ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA INDUSTRIALMENTE DESTOXIFICADO	16
2.1. Introdução	16
2.2. Material e Métodos	16
2.2.1. Área experimental e período de ensaio.....	16
2.2.2. Animais, delineamento experimental e dietas	17
2.2.3. Destoxificação e medição de ricina	19
2.2.4. Composição química dos alimentos	20
2.2.5. Avaliação do comportamento ingestivo	20
2.2.6. Avaliação dos parâmetros fisiológicos.	21
2.2.7. Análise estatística.....	21
2.3. Resultados	21
2.4. Discussão	24
2.5. Conclusão.....	26
2.6. Referências.....	26
3. CAPÍTULO II: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PERFIL METABÓLICO E NUTRICIONAL DE FÊMEAS CAPRINAS ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA INDUSTRIALMENTE DESTOXIFICADO.....	31
3.1. Introdução.....	31
3.2. Material e métodos	32
3.2.1. Área experimental e período de ensaio	32
3.2.2. Animais, delineamento experimental e dietas	32
3.4. Discussão	40
3.5. Conclusão.....	42

1. INTRODUÇÃO GERAL

A Região Nordeste desempenha um papel crucial na criação de caprinos, com uma participação expressiva de aproximadamente 95,5% do rebanho total, e a expectativa é de um crescimento estimado de 4,3% na população de caprinos ao ano (IBGE, 2022). No entanto, no Nordeste, onde a criação de caprinos é predominantemente extensiva, a produtividade é prejudicada durante os períodos de estiagem, uma vez que a vegetação nativa não consegue suprir as necessidades nutricionais dos animais. Desta forma, é importante que o produtor adote tecnologias para intensificar os sistemas de produção, sendo o confinamento uma alternativa potencial, apesar de aumentar os custos com alimentação, pode proporcionar ao produtor um retorno mais rápido do capital investido. Dado que a alimentação representa cerca de 70% dos custos no sistema de produção de caprinos (Restle & Vaz, 1999), essa relevância se amplifica quando se trata de cabras leiteiras gestantes que ainda não atingiram sua fase produtiva. Nesse estágio, é fundamental fornecer nutrientes exigidos pelo organismo da fêmea pois atenderão à manutenção do corpo e os nutrientes que serão direcionados ao útero grávido e glândula mamária associadas a lactogênese. (Hafez & Hafez, 2004).

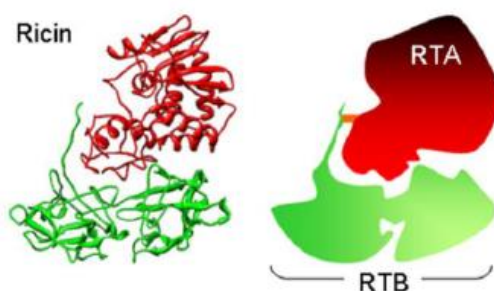
Desta forma, há necessidade de investigar alimentos alternativos que diminuam os custos de produção (Romero-Huelva *et al.*, 2017), além de manter a qualidade nutricional das dietas (Goetsch, 2016). Neste cenário, destaca-se a mamona (*Ricinus communis* L.) devido à sua grande adaptabilidade em regiões semiáridas, esse vegetal ocupa um lugar especial entre as oleaginosas, sobretudo devido à sua tolerância à seca e facilidade de manejo. Atualmente, o Brasil ocupa a segunda posição na escala de produção de mamona, ficando atrás apenas da Índia, ao estimar um aumento de 100% na produtividade para a safra 2022/2023, prevê-se um salto notável de 42,8 mil para 91,4 mil toneladas. (CONAB, 2024). Os dados divulgados pela Conab apontam que o município de Irecê, localizado na Chapada Diamantina, detêm 87% da área cultivada com mamona e as lavouras apresentam ótimo vigor. Tendo como objetivo principal o beneficiamento de suas sementes, destacando-se o aproveitamento dos subprodutos provenientes da extração do óleo das sementes da mamoneira (Brugsch, 1960), como o farelo de mamona, ressaltando-se sua relevância na alimentação de ruminantes devido ao seu elevado valor proteico.

Um dos principais atrativos é seu elevado teor de proteína, podendo atingir até 45,4% (Pompeu *et al.*, 2020). Além disso, sua fração proteica demonstra uma alta digestibilidade em comparação com o farelo de soja (Oliveira *et al.*, 2010; Borja *et al.*, 2017). Tornando-se atraente para alimentação animal, porém a presença de princípios tóxicos e alergênicos tem tornado inviável essa alternativa, sendo restrita sua utilização ao papel de fertilizante orgânico controlador de nematoides (Severino, 2005). A toxidez da mamona é causada pela presença de quatro substâncias: ricina (uma proteína), *Ricinus communis* aglutinina (RCA) (uma proteína), ricinina (um alcalóide) e CB-1A (um complexo alergênico), (DANG & VAM DAMME, 2015). Entre as quatro substâncias presentes, a ricina é o principal fator antinutricional devido à alta toxicidade.

Ricina é uma glicoproteína produzida pela planta de mamona (*Ricinus communis* L.) (Doan, 2004, Audi *et al.*, 2005). Ele consiste em duas cadeias de glicoproteínas Fig. 1, a cadeia A (RTA) e a cadeia B

(RTB), ligadas por uma ligação dissulfeto (Olsnes e Pihl, 1973). RTA é uma ribotoxina que inibe a síntese de proteínas em células mamíferas. A RTB é uma lectina, que se liga a células eucarióticas interagindo com galactosídeos na superfície celular, transportando RTA para dentro da célula (Frankel *et al.*, 1996).

Figura 1. Estrutura cristalina (à esquerda) e uma representação em desenho (à direita) da holotoxina de ricina.

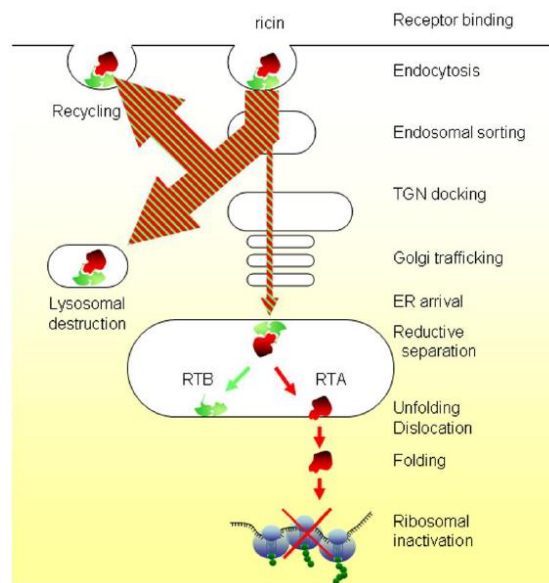


Fonte: Adaptado por Spooner e Lord, (2015).

O tráfego intracelular da ricina é um processo complexo que envolve várias etapas cruciais para sua atividade tóxica Fig. 2. De acordo com Spooner e Lord (2015) a ricina se liga a moléculas N-glicosiladas com galactoses disponíveis em sua superfície, por meio da subunidade B da toxina de ricina (RTB), na membrana plasmática das células eucarióticas. Após a ligação à membrana plasmática, a ricina é internalizada pelas células por endocitose. A ricina é então transportada através dos endossomos precoces até o Complexo de Golgi e, em seguida, para o retículo endoplasmático (RE), passando pelo trans-Golgi network (TGN). No RE, a toxina de ricina sofre a separação das suas subunidades, com a subunidade A da toxina de ricina (RTA) sendo separada da subunidade B (RTB). A subunidade A (RTA), agora livre, é deslocada do RE para o citosol celular, onde ela se refolha e se torna ativa. No citosol, a RTA da ricina ativa inibe a síntese proteica catalisando a remoção de um resíduo de adenina no RNA ribossômico 28S, levando à interrupção da síntese proteica ocasionando morte celular.

A intoxicação da mamona em ruminantes, segundo um estudo conduzido por Aslani *et al* (2007) pode ser caracterizada por uma série de sinais clínicos. Os animais podem apresentar fraqueza, incoordenação, perda de apetite, diarreia e desidratação. Sintomas mais graves incluem icterícia, convulsões e até mesmo a morte em casos graves. Esses sinais clínicos geralmente ocorrem após o consumo de alimentos contaminados com sementes ou subprodutos de mamona.

Figura 2. Tráfego intracelular da ricina.



Fonte: Adaptado por Spooner e Lord, (2015).

Contudo, após o processo de destoxificação, que permite a remoção ou redução substancial da toxicidade da ricina, abre-se a oportunidade para explorar seu potencial como alimento proteico alternativo para ruminantes (Anandan *et al.*, 2005). Embora alguns métodos de destoxificação estejam disponíveis desde o final dos anos 40 (Borchers, 1949; Kodras Rudolph e Whitehair, 1949; Gardner *et al.*, 1960), ainda falta estudos que consideraram a viabilidade industrial nem econômica desses processos e muito menos avaliaram as características nutricionais e a acitabilidade do produto (Severino, 2005). Portanto, recentemente, vem sendo estudado o uso do farelo de mamona obtido por meio de processo industrial que emprega altas temperaturas na etapa de dessolventização visando a extração do óleo rícino com maior eficiência, promovendo por consequência a destoxificação do subproduto, permitindo a utilização segura e eficaz como fonte de proteína em rações para ruminantes.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar o uso de farelo de mamona industrialmente destoxificado na dieta de fêmeas caprinas leiteiras gestantes como substituto ao farelo de soja e seu efeito sobre comportamento animal e desempenho produtivo.

1.1.2. Objetivo específico

Avaliar o comportamento ingestivo e parâmetros fisiológicos de fêmeas caprinas leiteiras gestantes alimentadas com farelo de mamona industrialmente destoxificado;

Avaliar o desempenho animal de fêmeas caprinas leiteiras gestantes alimentadas com farelo de mamona em substituição ao farelo de soja na ração concentrada.

2. CAPÍTULO I: COMPORTAMENTO INGESTIVO E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE FÊMEAS CAPRINAS GESTANTES ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA INDUSTRIALMENTE DESTOXIFICADO

2.1. Introdução

O farelo de mamona é um subproduto obtido durante o processo de extração do óleo das sementes de mamona (*Ricinus communis*). Um dos principais atrativos é seu elevado teor de proteína, podendo atingir até 45,4% (Pompeu et al., 2020). Além disso, sua fração proteica demonstra uma alta digestibilidade em comparação com o farelo de soja (Oliveira et al., 2010; Borja et al., 2017). Este subproduto contém substâncias tóxicas, como a ricina e a ricinus aglutinina (Dang & Vam Damme, 2015), o que impede seu uso na forma in natura na alimentação animal. Contudo, após o processo de destoxificação, que permite a remoção ou redução substancial da toxicidade da ricina, abre-se a oportunidade para explorar seu potencial como alimento proteico alternativo para ruminantes (Anandan et al., 2005).

A avaliação de métodos eficazes de destoxificação do farelo de mamona é uma tarefa crucial, e um aspecto muitas vezes negligenciado é a aceitabilidade do produto pelo animal. Diversas técnicas de destoxificação do farelo de mamona têm sido propostas, como tratamentos térmicos, químicos ou enzimáticos. De acordo com Severino (2005) é essencial considerar como esses métodos impactam não apenas a redução de substâncias tóxicas, mas também a aceitabilidade da ração pelo animal.

A compreensão do comportamento ingestivo dos animais que recebem subprodutos como parte de sua dieta é crucial para a formulação eficaz de rações, desempenhando um papel na identificação e resolução de desafios relacionados à redução do consumo (Carvalho et al., 2004). Um exemplo notável é a possível presença da casca durante o beneficiamento da semente para extração do óleo rícino na indústria, que pode impactar significativamente os padrões de alimentação, podendo influenciar como por exemplo, nos tempos despendidos em alimentação, ruminação e ócio (Dado & Allen, 1995).

Portando, objetivou-se avaliar a influência do farelo de mamona industrialmente destoxificado em substituição do farelo de soja sobre o comportamento alimentar e parâmetros fisiológicos de fêmeas caprinas das raças Anglo-Nubiana e Saanen no período de gestacional.

2.2. Material e Métodos

2.2.1. Área experimental e período de ensaio

O trabalho foi conduzido no Centro Tecnológico de Produção de Leite de Cabra da Embrapa Caprinos e Ovinos (3°44'57,42" sul e 40°20'43,50" oeste) localizado na cidade de Sobral-CE, Brasil, no período compreendido entre agosto de 2022 e janeiro de 2023, com duração média de 153 dias gestacionais. Todos os procedimentos envolvendo animais foram realizados de acordo com os regulamentos da Comissão de Ética no Uso de Animais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa com Caprinos, protocolo N° 012/2020.

2.2.2. Animais, delineamento experimental e dietas

Foram utilizadas 19 cabras sendo 9 da raça Saanen e 10 da raça Anglo-Nubiana com peso corporal inicial de $41,51 \pm 5,14$ kg e escore corporal de $3,0 \pm 0,3$, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado desbalanceado, em arranjo fatorial 2×2 (dieta x raça). Ao longo do período experimental, ocorreu a absorção do feto em três cabras da raça Saanen que estavam submetidas à dieta contendo farelo de mamona industrialmente destoxificado. Como resultado, ao término do experimento, restaram 16 cabras no total.

Portanto, foram utilizadas 16 cabras sendo 6 da raça Saanen e 10 da raça Anglo-Nubiana. No tratamento com dieta contendo farelo de soja participaram 5 cabras Anglo-Nubiana e 4 Saanen, consistindo em uma cabra com gestação tripla, três cabras com gestação dupla e uma com gestação simples da raça Anglo-Nubiana. Para as cabras Saanen foram observadas 4 gestações simples. Já para o tratamento com dieta contendo farelo de mamona industrialmente destoxificado foram utilizadas 7 cabras, sendo 2 da raça Saanen e 5 da raça Anglo-Nubiana, com 2 cabras de gestação dupla e 3 de gestação simples da raça Anglo-Nubiana e 2 de gestação simples da raça Saanen.

Antes do período experimental, as cabras foram avaliadas em outro estudo onde foi analisado o desempenho produtivo na recria, utilizando o farelo de mamona como alimento. Elas já estavam adaptadas aos alimentos utilizados, e durante o período experimental, a única alteração realizada foi na proporção dos ingredientes, ajustada de acordo com as exigências da categoria em avaliação.

Antes do início do experimento, o manejo reprodutivo adotado incluiu o cio natural, com uma estação de monta com duração média de 45 dias. Após a identificação do cio, a cobertura foi realizada por meio de monta natural direcionada. Para tanto, foram utilizados reprodutores da mesma raça, sem nenhum grau de parentesco com as matrizes. A partir da cobertura, as cabras foram alocadas em baias individuais, suspensas e com piso ripado de $5,06 \text{ m}^2$, sendo $2,87 \text{ m}^2$ de área composta por solário de piso batido, providas de bebedouros, comedouros e saleiros. Aos 35 dias de gestação da última cobertura, foi realizada a confirmação da gestação de todas as cabras, com o uso de aparelho ultrassonográfico KX 5000®. A aferição do peso vivo foi realizada semanalmente em balança digital, os animais foram pesados sempre no mesmo horário e em jejum.

Os tratamentos consistiram em duas dietas, sendo uma dieta controle a base de milho e farelo de soja, e outra dieta teste com milho e farelo de mamona industrialmente destoxificado. Como volumoso foi utilizado feno de capim-tifton 85 e a proporção volumoso:concentrado das dietas experimentais foram de 45:55. Os animais foram alimentados com dieta balanceada para atender as exigências de cabras gestantes com dois fetos, de acordo com o NRC (2007) para cabras com peso corporal de 41 kg e em início gestacional. A composição química dos alimentos está apresentada na tabela 1 e a proporção dos ingredientes e a composição química das dietas encontram-se na Tabela 2.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

Item (%MS)	Ingrediente			
	Feno Capim-Tifton 85	Milho grão moído	Farelo de soja	Farelo de mamona
Matéria seca (%MN)	86,5	88,9	92,1	92,5
Matéria orgânica	92,8	98,4	93,2	90,1
Matéria mineral	7,24	1,57	6,83	9,84
Proteína bruta	7,46	8,41	47,41	37,25
Nitrogênio indigestível em detergente neutro	0,69	0,17	1,10	2,39
Nitrogênio indigestível em detergente ácido	0,24	0,02	0,14	0,33
Extrato etéreo	1,75	8,81	5,51	1,46
Fibra em detergente ácido	39,80	1,83	6,30	39,94
FDN corrigido para cinzas e proteína	74,71	17,41	11,75	37,47
FDNfisicamente efetiva	55,05	-	2,69	24,21
Lignina	7,00	4,53	0,02	34,54
Carboidratos totais	83,54	81,22	40,25	51,45
Carboidratos não-fibrosos	8,84	63,81	28,50	13,98
Nutrientes digestíveis totais	49,28	86,10	86,57	42,95

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas.

Ingredientes	Dietas	
	Dieta controle FS ¹	Dieta FMD ²
	Proporção dos ingredientes	
Feno de capim-tifton 85	45,00	45,00
Milho moído	43,68	41,72
Farelo de soja	10,21	----
Farelo de mamona destoxificado	----	11,08
Calcário calcítico	1,11	2,21
Premix mineral ³	À vontade	À vontade
Composição química		
Matéria seca (%MN)	87,18	86,28
Matéria orgânica (%MS)	94,25	92,79
Matéria mineral (%MS)	4,64	5,00
Proteína bruta (%MS)	11,87	11,01
NIDN ⁴ (%MS)	0,50	0,65
NIDA ⁵ (%MS)	0,13	0,15
Extrato etéreo (%MS)	5,20	4,62
Fibra em detergente neutro (%MS)	48,86	52,40
Fibra em detergente ácido (%MS)	19,35	23,10
FDN corrigido para cinzas e proteína (%MS)	42,42	45,43
FDNfe ⁶	38,52	41,83
Lignina (%MS)	5,13	8,87
Carboidratos totais (%MS)	77,18	77,18
Carboidratos não-fibrosos (%MS)	34,76	32,15
Nutrientes digestíveis totais (%MS)	68,62	62,86

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado. ³Composição (nutrientes/kg de suplemento): Cálcio: 218 g; Fósforo: 71 g; Enxofre: 20 g; Magnésio: 20 g; Potássio: 28,20 g; Cobalto: 30 mg; Selênio: 15,30 mg; Zinco 1700 mg; Flúor: 710 mg; Vitamina A: 135.000 UI; Vitamina D3: 68.000 UI; Vitamina E: 450 UI. ⁴Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁵Nitrogênio insolúvel em detergente ácido; ⁶Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva.

2.2.3. Destoxificação e medição de ricina

A destoxificação do farelo de mamona utilizado foi obtido por meio do processo convencional de extração de óleo das sementes de mamona (*Ricinus communis*). Esse farelo foi proveniente da indústria Azevedo Óleos Ltda., situada no município de Itupeva, SP. O processo de obtenção do farelo compreende cinco etapas principais. A primeira etapa consistiu na passagem do material por uma peneira para remover galhos e areia. A segunda envolveu o aquecimento do material peneirado a 100 °C a 110 °C por uma hora a uma hora e meia. A terceira etapa compreendeu a prensagem da semente em uma prensa extrusora. Na quarta etapa, ocorreu a extração com solvente hexano a 60 °C por 2h30min, e na quinta etapa, a destoxificado (evaporação do solvente) a 100 °C a 110 °C por duas horas.

Tabela 3. Resultado do fracionamento da casca de mamona proveniente da indústria Azevedo Óleos Ltda.

Item	Casca (%)
Saco 1	62,88 ± 11,33
Saco 2	57,63 ± 12,94
Saco 3	59,80 ± 12,35
Média	60,10 ± 0,82

Para determinar a proporção de casca, foram selecionados três sacos para avaliação. Em cada saco, amostras foram retiradas em três pontos distintos (superior, meio e inferior) com o auxílio de uma gaita de ferro, sendo armazenadas em sacos identificados, totalizando aproximadamente 60g cada ponto. Em seguida, na sala de pesagem, o peso total foi medido e fracionado entre farelo e casca, sendo pesado cada compartimento (Fig. 1). Os resultados indicaram uma média de 60,10% de casca de mamona.



Figura 1. Fracionamento da casca e farelo de mamona. Ao lado direito casca de mamona e do lado esquerdo farelo de mamona.

Na identificação da inativação da ricina foram coletadas amostras experimentais no farelo de mamona industrialmente destoxificado, as quais foram submetidas a um bioensaio de hemaglutinação com hemácias de coelho, seguindo metodologia adaptada de Lynn e Clevette-Radford (1986). As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica da Embrapa Caprinos e Ovinos. O material foi peneirado,

em peneira de 0,5 mm, logo, procedeu-se a extração com solução de Cloreto de Sódio 0,15 M, na proporção 1:3 (p/v), em temperatura ambiente ($\pm 24^{\circ}\text{C}$) mantido sob agitação, durante 1 hora, em seguida as amostras foram centrifugadas a 10.000 x g, no tempo de 30 minutos, à temperatura de 4°C .

A detecção da atividade hemaglutinante foi realizada em placas de microtitulação, seguindo-se a metodologia descrita por Moreira & Perrone (1997). As amostras foram submetidas a diluição seriada (1/2, 1/4, 1/8...) em solução de NaCl 0,15 M, sendo adicionado igual volume de suspensão de eritrócitos de coelho a 2%. Realizando-se a leitura, considerou-se positivas as amostras que apresentaram aglutinação das hemácias. Os resultados foram expressos em unidades de hemaglutinação por mililitro (UH/mL).

2.2.4. Composição química dos alimentos

Nos dias dos ensaios de comportamento, as dietas foram fornecidas às 08:00 e 16:00 horas, de forma a permitir 10% do fornecimento em sobras. Foram colhidas amostras do fornecido, tanto do volumoso quanto do concentrado, bem como das sobras no dia seguinte, os quais foram acondicionados em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer à -18°C . Nas amostras de alimentos (sobras e fornecido) foram determinados os teores de MS (método nº 934.01) e FDN. Para as análises de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa-amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigidas para cinzas residuais (MERTENS, 2002).

Para a formulação das dietas, foram analisadas as amostras de alimentos e determinados os teores de MS (método nº 934.01), matéria orgânica (método nº 942.05), proteína bruta (método nº 954.01), extrato etéreo (método nº 920.39) de acordo com a AOAC (2003). A estimativa dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foi feita conforme Licitra *et al.* (1996). As ligninas foram obtidas com o resíduo do FDA tratado com ácido sulfúrico a 72% (VAN SOEST *et al.*, 1991). O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado com adaptação ao proposto por Hall (2003). O teor de carboidratos totais (CT) e não fibrosos (CNF) pelos cálculos descritos por Sniffen *et al.* (1992). Para a estimativa dos nutrientes digestíveis totais (NDT), os mesmos serão estimados conforme o National Research Council (2007).

2.2.5. Avaliação do comportamento ingestivo

As observações do comportamento alimentar foram realizadas de modo instantâneo a intervalos de 10 minutos (ingestão de ração, ruminação, outras atividades e ócio, consideradas como atividades contínuas) durante 24 horas. No decorrer da noite, o ambiente foi mantido com iluminação artificial. Além disso, no intervalo entre duas observações, foi acompanhada a frequência de ingestão de água, micção e defecação, consideradas atividades pontuais. No dia seguinte, foram feitas coletas durante três períodos de duas horas (08:00 às 10:00, 14:00 às 16:00 e 18:00 às 20:00 horas) para estimar o número de mastigações meréricas por bolo ruminal (MMnb) e o tempo despendido de mastigação merérica por bolo ruminal (MMtb), utilizando cronômetro digital para estimar tempo de mastigação total (TMT) e número

de bolo ruminal (NBR). A eficiência alimentar da matéria seca (EALMS) e eficiência alimentar de fibra em detergente neutro (EALFDN) e a eficiência de ruminação da matéria seca (ERUMS) e eficiência da ruminação da fibra em detergente neutro (ERUFDN), bem como o tempo de mastigação total, seguiu-se a metodologia citada por Bürger *et al.* (2000).

2.2.6. Avaliação dos parâmetros fisiológicos.

A frequência respiratória, frequência cardíaca, temperatura retal e temperatura superficial corpórea foram aferidos, nesta ordem, a fim de diminuir a influência do estresse de contenção física, durante três dias consecutivos, nos seguintes horários: 07:00 às 08:00 horas, 12:00 às 13:00 horas e 18:00 às 19:00 horas. A temperatura retal foi mensurada através da introdução de um termômetro clínico digital (Techline® TS-101PM), com escala de até 42,90 °C, introduzido diretamente no reto do animal, permanecendo por um período de estabilização até o disparo do sinalizador e o resultado expresso em graus centígrados.

A temperatura superficial corporal correspondeu à média aritmética das temperaturas obtidas em cinco regiões determinadas no corpo das cabras: temperatura superficial da frente, do pescoço, do lombo, do costado e do ventre, com auxílio de um termômetro infravermelho digital (ICEL-Manaus®– TD-950). As frequências respiratórias foram obtidas com o auxílio de estetoscópio flexível, colocado ao nível da região laringo-traqueal, contando-se o número de movimentos durante 15 segundos e o valor obtido multiplicado por quatro, sendo expressos em movimentos por minuto (movimentos/minutos). O mesmo aparelho foi utilizado para aferir a frequência cardíaca. Para tanto, foi colocado entre o terceiro e quarto espaço intercostal, próximo à articulação costochondral, durante um minuto, com valores expressos em batimentos por minuto (batimentos/minutos).

2.2.7. Análise estatística

Inicialmente, os dados foram submetidos a testes de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e, uma vez atendidas as pressuposições, foram analisados por análise de variância usando o teste F. A interação entre dieta e raça foi desdobrada somente quando significativa a um nível de 5% de probabilidade. Para avaliar os efeitos da dieta e da raça, procedeu-se à comparação das médias utilizando o teste t de Student a um nível de significância de 5%. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento GLM do programa computacional SAS, versão 9.4 (SAS INSTITUTE, 2005).

2.3. Resultados

Não houve interação entre dieta e raça não apresentaram significância estatística em nenhum dos parâmetros avaliados.

Observou-se efeito de dieta apenas para ingestão de ração, com superioridade para cabras alimentadas com farelo de mamona destoxificado. Não houve efeito ($P < 0,05$) do fator dieta sobre ruminação, de atividade e de ócio com médias de 6,02 h/dia, 3,06 h/dia, 11,35 h/dia, respectivamente

(Tab. 4). Em relação ao fator raça, observou efeito ($P < 0,05$) sobre a frequência de ruminação e frequência de ócio. As cabras da raça Anglo-Nubiana apresentaram maior tempo dedicado à ruminação e maior tempo em ócio.

Tabela 4. Atividades contínuas de fêmeas caprinas gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja.

Dieta	Ingestão de ração (h.dia ⁻¹)	Ruminação (h.dia ⁻¹)	Outras atividades (h.dia ⁻¹)	Ócio (h.dia ⁻¹)
FS ¹	3,98 B	5,67	2,89	11,00
FMD ²	5,16 A	6,37	3,22	11,70
Significância	ns	ns	ns	ns
Raça				
Saanen	4,52	5,32 B	3,16	10,03
Anglo	4,60	6,58 A	2,97	12,67
Significância	ns	*	ns	*
Dieta x Raça	ns	ns	ns	ns
CV (%)	19,60	19,32	36,42	20,26

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; *Médias diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Quanto às atividades pontuais, observou-se efeito ($P < 0,05$) de dieta sobre a frequência de defecação, com superioridade nas cabras alimentadas com dieta contendo farelo de mamona destoxificado Tab. 5. Também foi verificado apenas diferença na frequência de defecação quando se analisou o fator raça, com superioridade nas cabras da raça Saanen.

Tabela 5. Frequência de atividades descontínuas de fêmeas caprinas gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja.

Dieta	Defecação (nº de vezes.dia ⁻¹)	Micção (nº de vezes.dia ⁻¹)	Ingestão de Água (nº de vezes.dia ⁻¹)	Ingestão de Sal (nº de vezes.dia ⁻¹)
FS ¹	3,71B	8,58	5,83	0,43
FMD ²	10,44A	9,40	3,50	0,20
Significância	**	ns	ns	ns
Raça				
Saanen	9,67A	9,11	5,25	0,11
Anglo-Nubiana	4,71B	9,00	3,50	0,50
Significância	**	ns	ns	ns
(Dieta x Raça)	ns	ns	ns	ns

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado. *Médias diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância. **Médias diferem entre si pelo teste t de Student a 1% de significância.

Não houve efeito ($P < 0,05$) dos fatores avaliados sobre o consumo de matéria seca, de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, assim como no tempo de alimentação e de ruminação, apresentando médias 1311,88 g/dia, 663,63 g/dia, 4,23 h/dia, 5,62 h/dia, respectivamente (Tab. 6).

Tabela 6. Consumo de matéria seca, de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, tempo de alimentação e de ruminação de fêmeas caprinas leiteiras na gestação alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja.

Dieta	CMS ³ (g/dia)	CFDNcp ⁴ (g/dia)	TAL ⁵ (h/dia)	TRU ⁶ (h/dia)
FS ¹	1245,81	619,93	3,90	5,62
FMD ²	1377,94	707,32	4,56	5,61
Significância	ns	ns	ns	ns
Raça				
Saanen	1283,88	648,69	3,92	4,65
Anglo-Nubiana	1339,84	678,57	4,53	6,58
Significância	ns	ns	ns	**
Dieta x Raça	ns	ns	ns	ns
CV (%)	18,09	18,32	25,01	19,14

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; ³Consumo de matéria seca; ⁴Consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína; ⁵Tempo de alimentação; ⁶Tempo de ruminação; *Médias diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância. **Médias diferem entre si pelo teste t de Student a 1% de significância.

Observou-se que as dietas não influenciaram ($P < 0,05$) as eficiências alimentares de MS e de FDN, o mesmo ocorrendo para as eficiências de ruminação da MS e da FDN, no tempo de mastigação total (TMT) e no número de bolos ruminais (NBR Tab. 7). Não houve efeito ($P < 0,05$) sobre as raças para nenhuma variáveis avaliadas, à exceção do tempo de mastigação total, em que as Saanen apresentaram menor tempo (8,57 horas/dia) em relação as Anglos-Nubianas (11,12 horas/dia).

Tabela 7. Eficiência alimentar e ruminal em fêmeas caprinas leiteiras no terço-final da gestação alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja.

Dieta	EALMS ³ (g MS/hora)	EALFDN ⁴ (g MS/hora)	ERUMS ⁵ (g MS/dia)	ERUFDN ⁶ (g MS/dia)	TMT ⁷ (horas/dia)	NBR ⁸ (bolos/dia)
FS ¹	343,68	207,09	232,19	139,87	9,52	727,28
FMD ²	321,44	196,45	284,76	173,98	10,16	730,47
Significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Raça						
Saanen	345,74	209,93	306,26	185,97	8,57B	622,49
Anglo-Nubiana	319,38	193,60	210,70	127,88	11,12A	835,25
Significância	ns	ns	ns	ns	*	ns
Alim x Raça	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	31,61	31,57	36,68	36,72	17,23	28,18

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; ³Eficiência alimentar da matéria seca; ⁴Eficiência alimentar da fibra em detergente neutro; ⁵Eficiência de ruminação da matéria seca; ⁶Eficiência de ruminação da FDN; ⁷Tempo de mastigação total; ⁸Números de bolos ruminais; *Médias diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Não houve efeito ($P > 0,05$) de dieta sobre as variáveis frequências cardíaca e respiratória, temperatura retal e da superfície corporal das fêmeas caprinas, apresentando médias de 105 bat/min⁻¹, 68 mov/min⁻¹, 39°C e 34°C, respectivamente (Tab. 8).

Tabela 8. Parâmetros fisiológicos de fêmeas caprinas gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja.

Dieta	FC ³ (bat./min ⁻¹ .)	FR ⁴ (mov./min ⁻¹ .)	TR ⁵ (°C)	TSC ⁶ (°C)
FS ¹	104	67	39	34
FMD ²	105	68	39	34
Significância	ns	ns	ns	ns
Raça				
Saanen	98	74	39	34
Anglo-Nubiana	112	61	39	35
Significância	*	ns	ns	*
(Alim. X Raça)	ns	ns	ns	ns
CV (%)	8,34	25,61	0,46	2,01

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; ³ Frequência Cardíaca; ⁴ Frequência Respiratória; ⁵Frequência respiratória; ⁶Temperatura Superficial Corporal; *Médias diferem entre si pelo teste de Student t a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste de Student t a 5% de significância.

2.4. Discussão

O tempo dedicado à ingestão de ração foi superior (Tabela 4) nas fêmeas caprinas alimentadas com dieta composta por FMD em relação aos animais alimentados com FS, decorrente do maior teor de FDN e de FDA, visto que nutricionalmente a fibra é a fração lenta e incompletamente digerível dos alimentos, apresentando um efeito de depleção no trato gastrointestinal dos animais (MERTENS, 1997), tendo uma lenta taxa fracional de degradação e baixa taxa de passagem através do ambiente ruminal, ocasionando maior tempo despendido de ingestão de ração pelo animal.

No que se refere a atividade de ruminação, não houve diferença ($P>0,05$) significativa entre as dietas avaliadas (Tabela 4), com média de 6,02 horas por dia, representando cerca de 25% do tempo total despendido para essa atividade. Tal resultado não era esperado haja vista que os animais alimentados com FMD apresentaram maior tempo de ingestão e que o tempo de ruminação tem relação direta com o tempo de ingestão. Contudo, apesar do maior teor de fibra do FMD, este proporcionou um tempo de retenção similar ao FS, o que permite inferir da boa qualidade nutricional da fibra desse alimento.

Quanto ao fator raça verificou-se que não houve diferença significativa ($P>0,05$) entre Saanen e Anglo-Nubiana, com média de 4,56 horas por dia para ingestão de ração. Observa-se que para o tempo de ruminação houve influência ($P<0,05$) entre os genótipos avaliados, onde os animais da raça Anglo-Nubiana tiveram maior tempo dedicado à essa atividade. Tal resultado não era esperado uma vez que o tempo de ingestão foi similar entre raças e que o tempo de ruminação está diretamente relacionado ao tempo de alimentação. Apesar disso, a diferença de tempo dedicado à ruminação da raça Anglo-Nubiana se deve a umas das fêmeas caprinas desse tratamento estar gestante de três cabritos, o que influenciou no maior tempo de ingestão de ração e refletindo no maior tempo de ruminação, pois fêmeas caprinas com gestação trigemelar e no terço-final, os fetos ocupam grande espaço na região abdominal, comprimindo o trato gastrointestinal e reduzindo as atividades contínuas de ingestão e de ruminação.

A ausência do efeito das raças sobre a atividade e ócio é devido a composição das dietas que permitiu aos animais o atendimento de suas exigências nutricionais diárias. De acordo com Forbes (2007),

o ócio está relacionado ao menor esforço físico durante este período devido ao máximo crescimento dos fetos, podendo ser considerado benéfico, uma vez que reflete redução nos gastos de energia (MISSIO *et al.*, 2010).

As fêmeas caprinas alimentadas com dieta contendo FMD tiveram maior frequência de defecação (10,44 vezes/dia) em relação aos animais alimentados com dietas contendo FS, devido a boa qualidade nutricional da fibra da dieta, que apesar de apresentar um maior teor FDN, estimulou movimentos peristálticos no trato gastrointestinal, aumentando a motilidade intestinal. No que se refere à frequência de micção, não foram observados efeitos em nenhum dos fatores avaliados (Tabela 5). O metabolismo da água no organismo é regulado com base no sódio, estando diretamente relacionado à reabsorção renal de água (SUTTLE, 2010), sendo essencial para fêmeas caprinas na fase de gestação, pois, é necessário proporcionar condições adequadas para produção de mais líquido placentário no interior de seus úteros gravídicos (HÄRTER *et al.*, 2016).

A ausência na diferença entre as raças Saanen e Anglo-Nubiana sobre o consumo médio diário de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro corrigida para proteína e cinzas (CFDNcp) e, tempo médio de atividade de alimentação (Tabela 7) pode ser justificada por ambas as raças serem de produção leiteira com requisitos nutricionais e com potencial de produção semelhantes, além de serem contemporâneas, advindas de uma mesma estação de monta. A ausência de efeito da dieta sobre a eficiência de alimentação, tempo de mastigação total e número de bolos ruminais não era esperada já que houve efeito no tempo de ingestão de ração, justificado pela maior quantidade de FDN advinda do farelo de mamona destoxificado. Entretanto, a qualidade nutricional da fibra da dieta contendo FMD, com fibra fisicamente efetiva de 41,83% em relação à dieta contendo FS, com FDNfe de 38,52% ratifica a possibilidade de ter havido tempo de retenção similar entre as dietas.

Os níveis médios de temperatura retal observados para o fator dieta encontram-se dentro da normalidade, de 39°C e, de acordo com Baccari Júnior *et al.* (1996), considera normal uma variação de 38,5°C a 40°C para caprinos em repouso. A temperatura interna apresentado pelos animais pode ser interpretado como uma boa indicação de adaptação dessa raça a locais com temperaturas elevadas (Silva *et al.*, 2010; Silva *et al.*, 2006; Sousa *et al.*, 2005; Santos *et al.*, 2005). Embora a maioria das variáveis fisiológicas não tenha mostrado diferenças significativas, vale ressaltar que foram observadas alterações dentro dos padrões normais.

A frequência respiratória consideradas normais em caprinos variam geralmente de 12 a 25 mov/min⁻¹ (Kolb, 1974) e a frequência cardíaca consideradas normais em caprinos variam de 70 a 80 bat/min⁻¹ (Reece, 1996). Neste estudo foram registradas médias de 67,5 mov/min⁻¹ e 104,5 bat/min⁻¹, respectivamente, acima dos parâmetros normais. Todavia, esses valores podem ter sido influenciado pelo *status* fisiológico do animal, pois no terço final da gestação é observado um crescimento do feto que pode corresponder até 93,6% do peso total Härter *et al.* (2017). Durante o período gestacional, a fêmea adapta seu corpo para acomodar o desenvolvimento fetal, resultando em uma intensa atividade metabólica. Esse aumento na atividade metabólica contribui para um aumento na produção de calor

(Bell *et al.*, 2005) o que, por sua vez, pode influenciar a frequência respiratória. As mudanças fisiológicas necessárias para o desenvolvimento fetal muitas vezes limitam a capacidade do animal de manter sua homeostase, levando a um aumento na frequência respiratória (Santana, 2011).

Além disso, durante a gestação, o sistema cardiovascular das fêmeas passa por alterações para garantir o adequado fluxo sanguíneo uterino, essencial para a nutrição e o aquecimento do feto (Heidemann & McClure, 2003; Mattison *et al.*, 1990). No terço final da gestação, os músculos cardíacos contraem-se de maneira semelhante aos músculos esqueléticos, o que demanda um grande gasto de energia, uma vez que o ritmo cardíaco é constantemente modificado (Lehninger, 2002).

A maior frequência respiratória e temperatura superficial corporal das cabras da raça Anglo-Nubiana pode ser atribuída a diferenças genéticas, adaptações ao ambiente ou características fenotípicas específicas das raças. Associado isso, à época em que a gestação foi concebida, no período seco do ano no semiárido brasileiro, onde a temperatura do ar pode atingir 32,6°C, os caprinos expostos a temperaturas superiores a 31,6°C tendem a elevar sua frequência cardíaca e respiratória, bem como a temperatura da pele, caracterizando uma situação de estresse térmico Lucena *et al.* (2013). No entanto, foi observado que houve evidências de estresse térmico nos animais através das variáveis FR e FC, sendo a raça Saanen mais suscetível a esse tipo de condição. Acredita-se que essa susceptibilidade possa estar relacionada à origem europeia da raça e à sua adaptação em regiões de clima semiárido, sendo possível indicar que esse estresse térmico tenha contribuído para a ocorrência da absorção de feto durante o período gestacional pela raça Saanen, destacando-se a importância de considerar as características ambientais para mitigar impactos do estresse e promover o bem-estar do rebanho.

A menor temperatura superficial corporal (TSC) aferida na raça Saanen em relação as Anglo-Nubiana pode estar relacionada à coloração branca dos pelames que apresentam uma maior reflectância dos raios solares e, portanto, médias de temperatura superficial corporal menores do que animais que possuem pelagem escura (Silva *et al.* 2000).

2.5. Conclusão

O farelo de mamona industrialmente destoxificado não afeta o comportamento ingestivo dos animais.

Houve evidências de estresse térmico nas cabras da raça Saanen.

2.6. Referências

ANANDAN, S.; ANIL KUMAR, G. K.; GHOSH, J. *et al.* Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 120, n. 1, p. 159-168, 2005.

ASLANI, M.R.; MALEKI, M.; MOHRI, M. *et al.* Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. **Toxicon**, v. 49, n. 3, p. 400-406, 2007. ISSN 0041-0101. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.toxicon.2006.10.010>.

- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS—AOAC, 2003. Official Methods of Analysis, 17th 2nd rev. ed. Association of Analytical Chemists—AOAC, Gaithersburg, M. D, p. 1094.
- AUDI J, BELSON M, PATEL M, SCHIER J, OSTERLOH J. Ricin poisoning: a comprehensive review. *JAMA*. 2005 Nov 9;294(18):2342-51. doi: 10.1001/jama.294.18.2342. PMID: 16278363.
- BACCARI JÚNIOR, F.; GONÇALVES, H.C.; MUNIZ, L.M.R. Milk production, serum concentrations of thyroxine and some physiological responses of Saanen-Native goats during thermal stress. **Revista Veterinária Zootécnica**, v. 8, n.1, p.9- 14, 1996.
- BELL, A. W.; GREENWOOD, P. L.; EHRHARDT R. A. 2005. Regulation of metabolism and growth during prenatal life. In. Burrin, D.G. and Mersmann H.J. **Biology of Metabolism in Growing Animals**. 3, p. 3-34.
- BORCHERS R. Castor bean meal. Part 1. Destruction of the toxic factor. *Poult Sci*. 1949;28:568-570.
- BORJA, M. S.; Oliveira, R. L., SILVA, T. M. et al. Effectiveness of calcium oxide and autoclaving for the detoxification of castor seed meal in finishing diets for lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 231, n. 3, p. 76-88, 2017.
- BRUGSCH, H.G. Toxic hazards: the castor bean. *The New England Journal of medicine*. v. 262, p. 1039-1040, 1960.
- BÜRGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. et al. Ingestive Behavior in Holstein Calves Fed Diets with Different Concentrate Levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 236-242, 2000.
- CARVALHO, G. G. P.; PIRES, A. J. V.; SILVA, F. F. et al. 2004. Comportamento ingestivo de cabras leiteiras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. **Pesq. Agrop. Bras.**, 39 (9):919-925.
- CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G.; PAULINO, M. F. Influence of incubation time and particles size on indigestible compounds contents in cattle feeds and feces obtained by in situ procedures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 335-342, 2008.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos, Brasília, DF, v. 11, safra 2023/24, n. 5 quinto levantamento, fevereiro 2024.
- DADO, R.G.; ALLEN, M.S. Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.132-144, 1994.
- DANG, L.; VAN DAMME, E. J. S. Toxic proteins in plants. *Phytochemistry*, Nantes, v. 117, n. 1, p. 51-64, 2015.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C. et al. 2012. Métodos para análise de alimentos – INCT – Ciência Animal. Suprema, Visconde do Rio Branco, p. 214.
- DOAN, L.G. Ricin, mechanism of toxicity, clinical manifestations, and vaccine development: A review. **Clinical Toxicology**, 42, 201–208 (2004).
- DUKES, H.H.; SWENSON, H.J. Fisiologia dos animais Domésticos. 11. ed. Guanabara Koogan: Rio de janeiro, 1996. 856 p.
- FONSECA, C. E. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Microbial protein synthesis in lactating goats fed diets with increasing levels of dietary protein. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 1169-1177, 2006.

FRANKEL AE, BURBAGE C, TAGGE FT, TAGGE E, CHANDLER J, WILLINGHAM MC. Ricin toxin contains at least three galactose-binding sites located in B chain subdomains – one alpha, one beta and two gamma. **Arq Bras Med Vet Zootec.** 1996;48(6):737-742.

GARDNER JR., H.K., D'AQUIN, E.L., KOULTUN, S.P. Detoxification and deallergenization of castor beans. **Journal of the American Oil Chemists' Society.** 1960;37:142-148.

GOETSCH, A. L. Invited review: Current areas of research of feeding practices for lactating goats. **The Professional Animal Scientist**, v. 32, n. 6, p. 725-735, 2016.

HAFEZ, E. S. E.; HAFEZ, B. Reprodução Animal. V.7, p. 513. Barueri, SP, 2004.

HALL, M. B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, Oxford. 81, 3226-3232, 2003.

HÄRTER, C. J.; LIMA, L. D.; CASTAGNINO, D. S.; RIVERA, A. R.; NUNES, A. M.; SOUSA, S. F.; LIESEGANG, A.; RESENDE, K. T.; TEIXEIRA, I. A. M. A. Mineral metabolism of pregnant goats under feed restriction. **Animal Production Science, Sidney.** v. 57, n. 3, p. 290–300, 2016.

HEIDEMANN, B. H.; MCCLURE, J. H. Changes in maternal physiology during pregnancy. **British Journal of Anaesthesia**, Londres. v. 3, n. 3, p. 65-68, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção da Pecuária Municipal. Rio de Janeiro. V. 50, p. 1-12, 2022.

KELLY, W. R. Diagnóstico Clínico Veterinário. Barcelona: Continental, 2ª edição, p. 444, 1976.

KODRAS RUDOLPH, C.K., WHITEHAIR, R.M. Studies on the detoxification of castor seed pomace. **Journal of the American Oil Chemists' Society.** 1949;26:641-644.

KODRAS RUDOLPH, C.K., WHITEHAIR, R.M., 1949. Studies on the detoxification of castor seed pomace. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 26, 641–644.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. Principles of biochemistry. 3 ed, p. 1200. **New York: Worth Publishers**, 2002.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

LORD, J.M.; ROBERTS, L.M.; ROBERTUS, J.D. Ricin: structure, mode of action and some current applications. **The FASEB Journal**, v. 8, p. 201-208. 1994.

LUCENA, L.F.A. *et al.* 2013. Physiological responses of native goats maintained in thermoneutral temperature and thermal stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.17, n.6, p.672–679.

LYNN, K. R.; CLEVETTE-RADFORD, N. A. Lectins from latices of Euphorbia and Elaeophorbia species. **Phytochemistry**, Londres, v. 25, n. 7, p. 1553-1557, 1986.

MATTISON, D. R.; BLANN, E.; MALEK, A. Physiological alterations during pregnancy: impact on toxicokinetics. Symposium: Pharmacokinetics in developmental toxicity. p.215-218, 1990.

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**. Gaithersburg, v. 85, n. 3, p. 1217–1240, 2002.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL—NRC, 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. National Academy Press, Washington, DC.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign. v. 71, n. 3, p. 2051-2069, 1988.

OLIVEIRA, A. S.; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, M. R. C. et al. In vitro ruminal degradation of ricin and its effect on microbial growth. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 157, n. 2, p. 41-54, 2010.

OLSNES S, PIHL A. Different biological properties of the two constituent peptide chains of ricin, a toxic protein inhibiting protein synthesis. *Biochemistry*. 1973 Jul 31;12(16):3121-6. DOI: 10.1021/bi00740a028.

OLSNES, S.; KOZLOV, J. Ricin. **Toxicon**: v.39, n.11, p.1723-1728, 2001.

POMPEU RCF, ROCHA AC, CÂNDIDO MJD, SALLES HO, SEVERINO LS, ROGÉRIO MCP, GUEDES LFG, ALVES FGDS, FREITAS JWL. Farelo de mamona industrialmente destoxificado na alimentação de ovinos. *Arq Bras Med Vet Zootec*. [Sobral]: Embrapa Caprinos e Ovinos; 2020. ISSN 0101-6008, v. 72, n. 6, p. 2352-2353. [Documento em formato PDF; 21 páginas; ilustrado].

RESTLE, J.; VAZ, F.N. Confinamento de bovinos definidos e cruzados. In: LOBATO, J.F.P.; BARCELLOS, J.O.J.; KESSLER, A.M. (Eds.) *Produção de bovinos de corte*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1999. p.141-198.

ROMERO-HUELVA, M.; RAMÍREZ-FENOSA, M. A.; PLANELLES-GONZÁLES. et al. Can by-products replace conventional ingredients in concentrate of dairy goat diet?. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 6, p. 4500-4512, 2017.

SANTANA, G. M. C. D. Adaptabilidade ao calor em cabras da raça Saanen, gestantes, em duas estações do ano. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. p. 42. 2011.

SAS INSTITUTE, 2005. SAS system for Windows: versão 9.4. SAS Institute, Cary.

SEVERINO, L. S. O que sabemos sobre a torta de mamona. (Embrapa Algodão. Documentos, 134), 31 p., 2005.

SILVA, F.L.R e ARAÚJO, A.M. Desempenho produtivo em caprinos mestiços no Semiárido do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.29, n.4, p.1028-1035, 2000.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J., et al. net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 70, 3562-3577, 1992.

SPILSBERG, B.; VAN MEER, G.; SANDVIG, K. Role of lipids in the retrograde pathway of ricin intoxication. **Traffic**, v. 4, p. 544-552, 2003.

SPOONER, R.A.; LORD, J.M. Ricin trafficking in cells. **Toxins (Basel)**, v. 7, n. 1, p. 49-65, 9 jan. 2015. DOI: 10.3390/toxins7010049. PMID: 25584427. PMCID: PMC4303813.

VALADARES, R. F. D.; BRODERICK, G. A.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Effect of replacing alfalfa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, Champaign. v. 8, n. 7, p. 2686-2696, 1999.

VAN SOEST, P. J. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2^o ed. Ithaca Cornell University Press, p. 476, 1994.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign. v. 74, 3583–3597, 1991.

WEISS, W.P. 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Proc. Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers. Cornell University, Ithaca, USA. pp. 176–185.

3. CAPÍTULO II: CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PERFIL METABÓLICO E NUTRICIONAL DE FÊMEAS CAPRINAS ALIMENTADAS COM FARELO DE MAMONA INDUSTRIALMENTE DESTOXIFICADO

3.1. Introdução

A produção de ruminantes em regiões tropicais, especialmente em áreas semiáridas como o Nordeste do Brasil, requer estratégias para otimizar fontes alimentares alternativas, visando a redução dos custos de alimentação para animais (Kawas *et al.*, 1999) além de manter a qualidade nutricional das dietas (Goetsch, 2016). Flutuações sazonais na disponibilidade e qualidade de forragem, associadas à elevados custos dos ingredientes para uso nos concentrados são fatores limitantes na produção animal nessas áreas.

Entre subprodutos alternativos, destaca-se o farelo de mamona, subproduto oriundo da extração de óleo mamona na indústria ricinoquímica. Em todo o mundo, o uso predominante da mamona tem sido como adubo orgânico (Severino, 2005), destacando-se como uma excelente fonte de nitrogênio. Sua liberação é mais gradual em comparação aos fertilizantes químicos e não tão lenta quanto a do esterco animal. Além disso, a mamona apresenta propriedades inseticidas e fitonemáticas, adicionando benefícios adicionais à sua utilização na agricultura (Directorate of Oilseeds Research, 2004).

Conforme mencionado anteriormente, o farelo de mamona sobressai-se por ser um alimento concentrado proteico, correspondendo em até 45,4% de proteína bruta, conforme relatado por Pompeu *et al.* (2020). Além disso, sua fração proteica demonstra uma alta digestibilidade em comparação ao farelo de soja (Oliveira *et al.*, 2010; Borja *et al.*, 2017). A presença de fatores antinutricionais, tais como a ricina, a ricinina, a *ricinus aglutinina* e complexos alergênicos torna imprópria para alimentação animal (Anandan *et al.*, 2005). Porém, após o processo de detoxificação, obtido por meio de um processo industrial que emprega altas temperaturas, o farelo de mamona pode ser utilizado na alimentação animal (Pompeu *et al.*, 2020).

Neste sentido, o período gestacional das cabras é considerado o mais crítico, pois ocorrem mudanças fisiológicas que aumentam as necessidades nutricionais dos animais. Essas necessidades visam apoiar o crescimento e desenvolvimento fetal no final da gestação, além do aumento de nutrientes pela glândula mamária associada à lactogênese (Pogliani *et al.*, 2010), além do desenvolvimento e crescimento das crias (LIDEN *et al.*, 2009). O perfil bioquímico oferece informações sobre os valores normais da raça, sendo indicativo dos processos adaptativos do organismo a desafios nutricionais, fisiológicos e desequilíbrios metabólicos, abrangendo o metabolismo energético, proteico e mineral (Moreno, 1994). Portanto, planos nutricionais adequados são de suma importância para as cabras nesse período crítico.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o consumo e digestibilidade dos nutrientes, o balanço de nitrogênio, o desempenho produtivo, além das funções hepáticas e renais de fêmeas caprinas gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona industrialmente destoxificado em substituição ao farelo de soja durante o período gestacional.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Área experimental e período de ensaio

O trabalho foi conduzido no Centro Tecnológico de Produção de Leite de Cabra da Embrapa Caprinos e Ovinos (3°44'57,42" sul e 40°20'43,50" oeste) localizado na cidade de Sobral-CE, Brasil, no período compreendido entre agosto de 2022 a janeiro de 2023. Todos os procedimentos envolvendo o uso dos animais foram realizados de acordo com os regulamentos da Comissão de Ética no Uso de Animais da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro Nacional de Pesquisa com Caprinos, protocolo N° 012/2020. A gestação das cabras teve uma duração média de 153 dias gestacionais.

3.2.2. Animais, delineamento experimental e dietas

Foram utilizadas 19 cabras sendo 9 da raça Saanen e 10 da raça Anglo-Nubiana com peso corporal inicial de $41,51 \pm 5,14$ kg e escore corporal de $3,0 \pm 0,3$, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado desbalanceado, em arranjo fatorial 2×2 (dieta x raça). Ao longo do período experimental, ocorreu a absorção do feto em três cabras da raça Saanen que estavam submetidas à dieta contendo farelo de mamona industrialmente destoxificado. Como resultado, ao término do experimento, restaram 16 cabras no total.

Portanto, foram utilizadas 16 cabras sendo 6 da raça Saanen e 10 da raça Anglo-Nubiana. No tratamento com dieta contendo farelo de soja participaram 5 cabras Anglo-Nubiana e 4 Saanen, consistindo em uma cabra com gestação tripla, três cabras com gestação dupla e uma com gestação simples da raça Anglo-Nubiana. Para as cabras Saanen foram observadas 4 gestações simples. Já para o tratamento com dieta contendo farelo de mamona industrialmente destoxificado foram utilizadas 7 cabras, sendo 2 da raça Saanen e 5 da raça Anglo-Nubiana, com 2 cabras de gestação dupla e 3 de gestação simples da raça Anglo-Nubiana e 2 de gestação simples da raça Saanen.

Antes do período experimental, as cabras foram avaliadas em outro estudo onde foi analisado o desempenho produtivo durante a fase de recria, utilizando o farelo de mamona industrialmente destoxificado como alimento. Elas já estavam adaptadas aos alimentos utilizados, e durante o período experimental, a única alteração realizada foi na proporção dos ingredientes, ajustada de acordo com as exigências da categoria em avaliação.

Antes do início do experimento, o manejo reprodutivo adotado incluiu o cio natural, com uma estação de monta com duração média de 45 dias. Após a identificação do cio, a cobertura foi realizada por meio de monta natural direcionada. Para tanto, foram utilizados reprodutores da mesma raça, sem nenhum grau de parentesco com as matrizes. A partir da cobertura, as cabras foram alocadas em baias individuais, suspensas e com piso ripado de $5,06 \text{ m}^2$, sendo $2,87 \text{ m}^2$ de área composta por solário de piso batido, providas de bebedouros, comedouros e saleiros. Aos 35 dias de gestação da última cobertura, foi realizada a confirmação da gestação de todas as cabras, com o uso de aparelho ultrassonográfico KX 5000®. A aferição do peso vivo foi realizada semanalmente em balança digital, os animais foram pesados sempre no mesmo horário e em jejum.

Os tratamentos consistiram de duas dietas, sendo uma dieta controle a base de milho e farelo de soja, e outra dieta teste com milho e farelo de mamona industrialmente destoxificado. Como volumoso foi utilizado feno de capim-tifton 85 e a proporção volumoso:concentrado das dietas experimentais foram de 45:55. Os animais foram alimentados com dieta balanceada para atender as exigências de cabras gestantes com dois fetos, de acordo com o NRC (2007) para cabras com peso corporal de 41 kg e em início gestacional. A composição química dos alimentos está apresentada na (Tabela 1) e a proporção dos ingredientes e a composição química das dietas encontram-se na (Tabela 2).

Tabela 1. Composição química dos ingredientes das dietas experimentais.

Item (%MS)	Ingrediente			
	Feno Capim-Tifton 85	Milho grão moido	Farelo de soja	Farelo de mamona
Matéria seca (%MN)	86,5	88,9	92,1	92,5
Matéria orgânica	92,8	98,4	93,2	90,1
Matéria mineral	7,24	1,57	6,83	9,84
Proteína bruta	7,46	8,41	47,41	37,25
Nitrogênio indigestível em detergente neutro	0,69	0,17	1,10	2,39
Nitrogênio indigestível em detergente ácido	0,24	0,02	0,14	0,33
Extrato etéreo	1,75	8,81	5,51	1,46
Fibra em detergente ácido	39,80	1,83	6,30	39,94
FDN corrigido para cinzas e proteína	74,71	17,41	11,75	37,47
FDNfisicamente efetiva	55,05	-	2,69	24,21
Lignina	7,00	4,53	0,02	4,84
Carboidratos totais	83,54	81,22	40,25	51,45
Carboidratos não-fibrosos	8,84	63,81	28,50	13,98
Nutrientes digestíveis totais	49,28	86,10	86,57	42,95

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona; ³Nitrogênio indigestível em detergente neutro; ⁴Nitrogênio indigestível em detergente ácido.

Tabela 2 - Proporção dos ingredientes e composição química das dietas.

Ingredientes	Dietas	
	Dieta controle FS ¹	Dieta FMD ²
	Proporção dos ingredientes	
Feno de capim-tifton 85	45,00	45,00
Milho moído	43,68	41,72
Farelo de soja	10,21	----
Farelo de mamona destoxificado	----	11,08
Calcário calcítico	1,11	2,21
Premix mineral ³	À vontade	À vontade
Composição química		
Matéria seca (%MN)	87,18	86,28
Matéria orgânica (%MS)	94,25	92,79
Matéria mineral (%MS)	4,64	5,00
Proteína bruta (%MS)	11,87	11,01
NIDN ⁴ (%MS)	0,50	0,65
NIDA ⁵ (%MS)	0,13	0,15
Extrato etéreo (%MS)	5,20	4,62
Fibra em detergente neutro (%MS)	48,86	52,40
Fibra em detergente ácido (%MS)	19,35	23,10
FDN corrigido para cinzas e proteína (%MS)	42,42	45,43
FDN fisicamente efetiva	38,52	41,83
Lignina (%MS)	5,13	8,87
Carboidratos totais (%MS)	77,18	77,18
Carboidratos não-fibrosos (%MS)	34,76	32,15
Nutrientes digestíveis totais (%MS)	68,62	62,86

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado. ³Composição (nutrientes/kg de suplemento): Cálcio: 218 g; Fósforo: 71 g; Enxofre: 20 g; Magnésio: 20 g; Potássio: 28,20 g; Cobalto: 30 mg; Selênio: 15,30 mg; Zinco: 1700 mg; Flúor: 710 mg; Vitamina A: 135.000 UI; Vitamina D3: 68.000 UI; Vitamina E: 450 UI. ⁴Nitrogênio insolúvel em detergente neutro; ⁵Nitrogênio insolúvel em detergente ácido.

3.2.3. Destoxificação e medição de ricina

A destoxificação do farelo de mamona utilizado foi obtida por meio do processo convencional de extração de óleo das sementes de mamona (*Ricinus communis*). Esse farelo foi proveniente da indústria Azevedo Óleos Ltda., situada no município de Itupeva, SP. O processo de obtenção do farelo de mamona compreende cinco etapas principais de acordo com Pompeu et al. (2020), a primeira etapa consistiu na passagem do material por uma peneira para remover galhos e areia. A segunda envolveu o aquecimento do material peneirado a 100 °C a 110 °C por uma hora a uma hora meia. A terceira etapa compreendeu a prensagem da semente em uma prensa extrusora. Na quarta etapa, ocorreu a extração com solvente hexano a 60 °C por 2h30min, e na quinta etapa, a destoxificado (evaporação do solvente) a 100 °C a 110 °C por duas horas.

Tabela 3. Resultado do fracionamento da casca de mamona proveniente da Indústria Azevedo Óleos Ltda.

Item	Casca (%)
Saco 1	62,88 ± 11,33
Saco 2	57,63 ± 12,94
Saco 3	59,80 ± 12,35
Média	60,10 ± 0,82

Para determinar a proporção de casca, foram selecionados três sacos para avaliação. Em cada saco, amostras foram retiradas em três pontos distintos (superior, meio e inferior) com o auxílio de uma gaita de ferro, sendo armazenadas em sacos identificados, totalizando aproximadamente 60g cada ponto. Em seguida, na sala de pesagem, o peso total foi medido e fracionado entre farelo e casca, sendo pesado cada compartimento (Fig. 1). Os resultados indicaram uma média de 60,10% de casca de mamona.



Figura 1. Fracionamento da casca e farelo de mamona.

Na identificação da inativação da ricina foram coletadas amostras experimentais no farelo de mamona industrialmente dessolventizado, as quais foram submetidas a um bioensaio de hemaglutinação com hemácias de coelho, seguindo metodologia adaptada de Lynn e Clevette-Radford (1986). As análises foram realizadas no Laboratório de Bioquímica da Embrapa Caprinos e Ovinos. O material foi peneirado, em peneira de 0,5 mm, logo, procedeu-se a extração com solução de Cloreto de Sódio (NaCl) 0,15 M, na proporção 1:3 (p/v), em temperatura ambiente ($\pm 24^\circ\text{C}$) mantido sob agitação, durante 1 hora, em seguida as amostras foram centrifugadas a $10.000 \times g$, no tempo de 30 minutos, à temperatura de 4°C .

A detecção da atividade hemaglutinante foi realizada em placas de microtitulação, seguindo-se a metodologia descrita por Moreira & Perrone (1997). As amostras foram submetidas a diluição seriada ($1/2$, $1/4$, $1/8$...) em solução de NaCl 0,15 M, sendo adicionado igual volume de suspensão de eritrócitos de coelho a 2%. Realizando-se a leitura, considerou-se positivas as amostras que apresentaram aglutinação das hemácias. Os resultados foram expressos em unidades de hemaglutinação por mililitro (UH/mL).

3.2.4. Manejo e coleta de dados

As dietas foram fornecidas diariamente às 8:00 e 16:00 horas, de forma a permitir 10% do fornecimento em sobras. A cada semana foram colhidas amostras do fornecido, tanto do volumoso quanto do concentrado, bem como das sobras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer à -8°C para análises posteriores. Ao final da gestação, as amostras foram descongeladas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C até peso constante. Em seguida, trituradas em moinhos de faca (Wiley mill, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA,

USA) com peneira de 1,0 mm para os alimentos e sobras destinadas às análises químicas e à 2,0 mm para a avaliação da digestibilidade (Nocek, 1988).

A digestibilidade aparente total foi estimada pela técnica de forma indireta por meio de indicador interno FDNi. Para tanto, as fezes foram coletadas diretamente da ampola retal, em diferentes horários (0, 3, 6 e 9 horas após a primeira alimentação) visando uma maior representatividade diária, em seguida identificada e armazenada em freezer à -8 °C, ao final das coletas, foram feitas amostras compostas e depois secas em estufa de ventilação forçada a 55 °C até peso constante. As amostras de fezes e dos alimentos foram incubadas *in situ* em sacos de tecido de polietileno, por um período de 240 horas, segundo metodologia descrita por Casali *et al.* (2008). As incubações foram realizadas em um boi da raça mestiço Girolando, o material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro e o resíduo considerado FDNi (DETMANN *et al.*, 2012).

Para a avaliação do balanço de nitrogênio, a produção total de urina foi estimada através da concentração de creatinina na urina. Foram obtidas amostras *spot* de urina, quatro horas após a alimentação, aproximadamente, a partir de micção espontânea em bolsas de colostomia (Medsonda®) com capacidade para 200 mL. As amostras foram filtradas em gazes e uma alíquota de 10 mL foi separada e diluída com 40 mL de ácido sulfúrico (0,036 N), de acordo com a metodologia de Valadares *et al.* (1999) e imediatamente congeladas. O volume urinário diário foi estimado utilizando-se a creatinina excretada diariamente e sua concentração na amostra *spot*.

$$\text{Volume urinário (mL)} = \frac{26,05 \times \text{PV (kg)}}{\text{Concentração de creatinina na amostra spot (mg.L}^{-1}\text{)}}$$

O valor de 26,05 utilizado na equação refere-se à quantidade de excreção diária de creatinina (mg.kg⁻¹), determinada em cabras por Fonseca (2006). A quantificação da creatinina da amostra *spot* foi realizada por meio da análise colorimétrica com picrato e acidificante (Labtest®).

As fezes foram coletadas diretamente da ampola retal, durante cinco dias, em diferentes horários (0, 3, 6 e 9 horas após a primeira alimentação) para amostragem representativa, assim como foram feitas as coletas destinadas aos ensaios de digestibilidade. O procedimento de coleta de sangue realizou-se por punção da veia jugular quatro horas após a alimentação da manhã, para a análise do teor de ureia no soro e, antes da alimentação da manhã para os outros parâmetros, por meio de tubos Vacutainer (Grainer Bio-One, Vacuette® Americana, SP, BRA) com capacidade para 9,0 mL.

Foram colhidas duas amostras de sangue de cada animal, em um tubo que continha anticoagulante (EDTA) e outro sem anticoagulante. Os tubos com anticoagulante foram direcionados para a dosagem de proteínas totais e ureia e os sem anticoagulante foram analisadas o aspartato aminotransferase, alanina aminotransferase, creatinina, fosfatase alcalina, albumina, gama-glutamyl transferase, utilizando análise semiautomática em kits comerciais Bioclin® e refratometria (Kaneko, 2008). Os parâmetros sanguíneos de bilirrubina direta, indireta e total foram analisados semiautomática em kits comerciais Bioclin®.

3.2.5. Análise química e biológica

Nas amostras de alimentos (sobras e fornecido) e fezes foram determinados os teores de MS (método nº 934.01), matéria orgânica (método nº 942.05), proteína bruta (método nº 954.01), extrato etéreo (método nº 920.39) de acordo com a AOAC (2003). Para as análises de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa-amilase termoestável, sem o uso de sulfito de sódio e corrigidas para cinzas residuais (Mertens *et al.*, 2002). A estimativa dos conteúdos de compostos nitrogenados insolúveis nos detergentes neutro (NIDN) e ácido (NIDA) foi feita conforme Licitra *et al.* (1996). As ligninas foram obtidas com o resíduo do FDA tratado com ácido sulfúrico a 72% (Van Soest *et al.*, 1991). O teor de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado com adaptação ao proposto por Hall (2003). O teor de carboidratos totais (CT) e não fibrosos (CNF) pelos cálculos descritos por Sniffen *et al.* (1992). O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado segundo NRC (2007). Os teores de nitrogênio consumido (NC), nitrogênio excretado nas fezes (NF) e nitrogênio excretado na urina (NU) foram determinados através da técnica de micro Kjeldahl (método nº. 954.01) da AOAC (2003). O nitrogênio retido (NR) foi calculado de acordo com a equação: $NR = NC - (NF + NU)$.

3.2.6. Análise estatística

Inicialmente, os dados foram submetidos a testes de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e, uma vez atendidas as pressuposições, foram analisados por análise de variância usando o teste F. A interação entre dieta e raça seria desdobrada somente quando significativa a um nível de 5% de probabilidade. Para avaliar os efeitos da dieta e da raça, procedeu-se à comparação das médias utilizando o teste t de Student a um nível de significância de 5%. Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento GLM do programa computacional SAS, versão 9.4 (SAS INSTITUTE, 2005).

3.3. Resultados

Não foi observada interação entre os fatores (dieta x raça) em nenhum dos parâmetros avaliados Tab. 4. Não houve efeito ($P > 0,05$) de dieta sobre peso na cobertura e ECC na cobertura, peso pré-parto, ECC pré-parto, ganho de peso médio diário pré-parto, conversão alimentar pré-parto, peso pós-parto, ECC pós-parto, ganho de peso médio diário pós-parto, conversão alimentar pós-parto, peso das crias ao nascimento e percentual de ganho de peso mobilizado para a cria. Houve efeito ($P < 0,05$) nas dietas sobre peso das crias (PC). Houve efeito ($P < 0,05$) de raça para ECC pré-parto, ganho médio diário por dia (GMD) pós-parto e peso ao nascimento dos cabritos em que a raça Saanen apresentaram valores médios maiores do que da raça Anglo-Nubiana.

Tabela 4. Peso e escore de condição corporal de cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona em substituição ao farelo de soja durante a gestação e peso dos cabritos gerados.

Dieta	Cobertura		Pré-parto				Pós-parto				Nascimento dos cabritos	
	Pcob (kg)	ECC ³	Ppré (kg)	ECC	GMD ⁴ (g/dia)	CA ⁵ (kg/dia)	Ppós (kg)	ECC	GMD (g/dia)	CA (kg/dia)	GPmob. ⁶ (%)	Pcria (kg)
FS ¹	35,34	3,06	62,95	3,38	180	6,95	54,42	2,69	120	10,11	69,17	3,41 B
FMD ²	35,93	2,99	61,32	3,15	170	8,34	53,80	2,70	130	12,57	70,02	3,84 A
Signif.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
Raça												
Saanen	35,89	3,05	60,02	3,63 A	0,19	6,91	56,68	2,94	0,14 A	9,29	74,67	4,18 A
Anglo Nubiana	35,39	2,99	60,25	2,90 B	0,17	8,38	51,35	2,45	0,11 B	13,40	64,53	3,07 B
Signif.	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	**
Dieta x Raça	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	13,64	11,98	15,44	17,06	22,09	25,30	14,35	20,24	22,42	29,89	16,06	10,00

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; ³Escore de condição corporal; ⁴Ganho médio diário; ⁵Conversão alimentar; ⁶Porcentagem de ganho de peso mobilizado para a cria; *Médias diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste t de Student 5% de significância.

Houve efeito ($P < 0,05$) de dietas apenas para a variável CNDT (g/dia). Para o fator raça, não houve efeito ($P > 0,05$) para consumo dos nutrientes.

Tabela 5. Consumo de matéria seca e nutrientes de cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja.

Dieta	CMS ³ (g/dia)	CMS ³ (%PV)	CMS (g/UTM)	CPB ⁴ (%PV)	CPB ⁴ (g/UTM)	CFDNcp ⁵ (%PV)	CFDNcp ⁵ (g/UTM)	CEE ⁷ (%PV)	CEE ⁷ (g/UTM)	CNDT (g/dia)
FS ¹	1245,81	2,35	63,28	0,25	6,81	1,70	31,49	0,04	0,89	462,82 B
FMD ²	1377,90	2,70	72,06	0,27	7,14	1,39	37,00	0,04	0,97	682,56 A
Significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
Raça										
Saanen	1283,88	2,43	65,37	0,25	6,77	1,23	33,00	0,03	0,89	520,12
Anglo-Nubiana	1339,84	2,62	69,97	0,27	7,19	1,33	35,48	0,04	0,97	625,26
Significância	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Dieta x Raça	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV ⁸ (%)	18,08	15,03	14,43	15,95	14,85	15,92	15,26	17,09	16,29	21,85

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; ³Consumo de matéria seca; ⁴Consumo da proteína de bruta; ⁵Consumo de fibra em detergente neutro corrigida para proteínas e cinzas; ⁶Consumo do extrato etéreo; ⁷Consumo dos nutrientes digestíveis totais; ⁸Coefficiente de variação; *Médias diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Não houve efeito ($P < 0,01$) de dieta sobre a digestibilidade dos nutrientes, com valores médios de 59,01%, 67,52%, 52,90%, 78,62% para as digestibilidades da matéria seca, da proteína bruta, da fibra em

detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas e extrato etéreo, respectivamente. Não houve efeito do fator raça ($P>0,05$) para a digestibilidade dos nutrientes.

Tabela 6. Digestibilidade aparente da matéria seca e nutrientes em cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja.

Dieta	DMS ³ (%)	DPB ⁴ (%)	DFDNcp ⁵ (%)	DEE ⁶ (%)
FS ¹	57,04	66,65	48,42	75,30
FMD ²	60,97	68,38	57,38	81,93
Significância	ns	ns	ns	ns
Raça				
Saanen	58,14	66,63	54,94	73,41
Anglo-Nubiana	59,23	67,95	51,05	81,51
Significância	ns	ns	ns	ns
Dieta x Raça	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16,05	11,77	28,34	12,41

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; ³Disgestibilidade da matéria seca; ⁴Digestibilidade da proteína de bruta; ⁵Digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; ⁶Digestibilidade do extrato etéreo; *Médias diferem entre si pelo teste de t de Student a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste t de Student a 5% de significância.

Houve efeito ($P<0,05$) de dietas sobre os teores de nitrogênio excretado nas fezes, na urina e balanço de nitrogênio (Tab.7). Não foi observado efeito ($<0,05$) do fator raça sobre nenhuma das variáveis de balanço do nitrogênio.

Tabela 7. Balanço de nitrogênio em cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja durante as fases

Dieta	NC ³	NF ⁴	NU ⁵	NMF ⁶	BN ⁷
FS ¹	21,47	17,38A	1,08A	5,33	17,17A
FMD ²	22,02	12,26B	0,76B	5,94	23,24B
Significância	ns	*	*	ns	*
Raça					
Saanen	21,15	17,26	0,88	5,39	17,09
Anglo	22,05	13,87	0,98	5,72	21,47
Significância	ns	ns	ns	ns	ns
Dieta x Raça	ns	ns	ns	ns	ns
CV ⁸ (%)	18,53	28,82	23,16	18,08	26,70

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; ³Nitrogênio contido; ⁴Nitrogênio excretado nas fezes; ⁵Nitrogênio excretado na urina; ⁶Nitrogênio metabólico fecal; ⁷Balanço de nitrogênio; *Médias diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Houve efeito ($P<0,05$) das dietas sobre as variáveis proteína plasmática total e ureia (Tab. 8), onde as cabras alimentadas com dietas contendo farelo de soja apresentaram maiores valores de PPT e ureia no sangue em relação aos animais que se alimentaram com dietas contendo farelo de mamona. Além disso, houve efeito de dieta ($P<0,05$) para bilirrubina total, em que as cabras alimentadas com farelo de mamona apresentaram maiores valores em relação aos animais alimentados com farelo de soja.

Tabela 8. Parâmetros sanguíneos das cabras gestantes alimentadas com dietas contendo farelo de mamona destoxificado em substituição ao farelo de soja durante a gestação.

Dieta	PPT ³ (g/dL)	Ureia ⁴ (mg/dL)	CREAT ⁵ (mg/dL)	ALT ⁶ (U/L)	AST ⁷ (U/L)	FOSFALC ⁸ (U/L)	ALB ⁹ (mg/dL)	GGT ¹⁰ (U/L)	BILTOT ¹¹ (mg/dL)
FS ¹	7,27A	49,82A	1,28	18,00	83,57	114,5A	1,97	47,67	0,31
FMD ²	6,57B	33,46B	1,34	16,86	78,11	110,57	2,10	47,57	0,27
Significância	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	Ns	ns
Raça									
Saanen	6,90	44,15	1,19A	16,67	67,67B	87,33	1,97	48,60	0,26
Anglo-Nubiana	7,00	41,77	1,37A	18,00	88,20A	128,10	2,06	46,00	0,32
Significância	ns	ns	ns	ns	*	ns	Ns	ns	ns
Dieta x Raça	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6,80	22,32	20,04	13,26	19,22	36,96	10,09	22,37	28,30

¹Farelo de soja; ²Farelo de mamona destoxificado; ³Proteína plasmática total; ⁴Ureia; ⁵Creatinina; ⁶Alanina aminotransferase; ⁷Aspartato aminotransferase; ⁸Fosfatase Alcalina; ⁹Albumina; ¹⁰Gama-glutamil transferase; ¹¹bilirrubina total; *Médias diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância; ns: Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.4. Discussão

O peso ao nascimento das crias diferiram entre si, apresentando maior valor para os animais oriundo das cabras alimentadas com dietas contendo FMD da raça Saanen. De acordo com SCA (1990), a ingestão de energia é um dos principais fatores que influencia o peso ao nascer e a produtividade da prole. Com base nos dados coletados, as cabras alimentadas com dietas contendo farelo de mamona apresentou um maior consumo de NDT em relação àquelas alimentadas com FS influenciando no crescimento e desenvolvimento fetal.

Maior disponibilidade de nutrientes pode resultar em uma melhor nutrição materna e, consequentemente, em um melhor desenvolvimento fetal. De acordo com Osgerby et al. (2002), a privação de nutrientes durante a gravidez leva à diminuição do peso fetal e, o feto adquire nutrientes do compartimento materno diretamente como produtos da digestão após a ingestão, ou como componentes mobilizados das reservas corporais maternas (McCrabb, Hosking and Egan, 1992).

Nesse sentido, as cabras gestantes requerem atenção especial, pois os nutrientes necessários para corpo da fêmea nessa fase não se destinam apenas à manutenção do corpo, mas principalmente serão direcionados ao útero gestante e glândula mamária, sendo que durante a gestação há uma grande variação no metabolismo das cabras gestantes, em virtude do crescimento fetal (Konyali et al., 2007).

Outro fator que pode ter influenciado no peso ao nascimento dos cabritos, seria o número de crias por parto, pois os autores Shelton e Groff, (1974) e Snyman, (2010), afirmam que os cabritos nascidos de partos múltiplos geralmente serão menores do que os nascidos de partos únicos, e que cabritos machos geralmente serão maiores do que as cabritas fêmeas. Ao analisar uma distribuição do número de crias por parto sobre os fatores raça e dieta, observou-se que as cabras alimentadas com dietas contendo FS e FMD apresentaram 1,55 e 1,29 número de crias por parto, respectivamente. Enquanto para a raça, observou-se 1,16 e 1,70 número de crias por parto para as raças Saanen e Anglo-Nubiana, respectivamente. Indicando

que os animais da dieta do FS tiveram um maior número de crias por parto e consequentemente, apresentaram um menor peso em relação aos animais alimentado com dieta contendo FMD. Assim como o fator raça, as raças Anglo-Nubiana tiveram um maior número de crias por parto e pode ter influenciado no menor peso ao nascimento das crias.

Neste estudo, a inclusão do farelo de mamona na dieta dos animais apresentou similaridade no consumo de MS e dos nutrientes (Tabela 5) e uma alta digestibilidade de MS, DPB, DFDNcp e DEE (Tabela 6) em relação a dieta contendo farelo de soja. Esses resultados estão alinhados com estudos anteriores que também observaram benefícios na inclusão de farelo de mamona na alimentação animal.

Outros estudos indicaram que a inclusão de FMD em silagens de cana-de-açúcar pode melhorar a composição químico-bromatológica e reduzir as perdas fermentativas da silagem. Com base nos estudos conduzidos por Ferreira *et al.* (2023) e Lira *et al.* (2024), pode-se observar que a inclusão de farelo de mamona destoxificado na alimentação animal tem efeitos variados. No estudo de Ferreira *et al.* (2023) a inclusão de até 20% de farelo de mamona destoxificado na silagem de cana-de-açúcar aumentou a ingestão de nutrientes, o ganho diário médio, a digestibilidade dos nutrientes. Por outro lado, os resultados obtidos por Lira *et al.* (2024) indicam que embora tenha ocorrido um aumento na ingestão de nutrientes, na glicose plasmática e a eficiência alimentar e ruminação das ovelhas, houve uma redução na digestibilidade aparente dos nutrientes e do nitrogênio amoniacal no rúmen.

Algumas razões podem justificar na digestibilidade do subproduto da mamona que já vem sendo estudadas. De acordo com Rocha *et al.* (2022), o processamento industrial para a extração de óleo de mamona submete o farelo a tratamentos mecânicos, térmicos e químicos que alteram as características da proteína no farelo e a etapa de evaporação do solvente é responsável pela maioria das modificações no farelo, com mudanças significativas no perfil proteico. Além disso, o efeito da ricina sobre a microbiota ruminal pode influenciar na digestibilidade do farelo de mamona. Em um estudo conduzido por Oliveira *et al.* (2010), foi observado que o tratamento com farelo de mamona não resultou na completa desnaturação da ricina. Entretanto, mesmo com essa ressalva, observou-se um aumento na síntese proteica microbiana e na eficiência de utilização de nitrogênio e energia pela microbiota ruminal. Além disso, não foram observados efeitos prejudiciais na função hepática das ovelhas.

Para os parâmetros renais, foram observados níveis normais de proteína plasmática total e creatinina Tab. 8, dentro dos valores de referência em cabras 6 a 7,9 g/dL e 0,7 e 1,5 mg/dL, respectivamente e a ureia sanguínea apresentaram valores acima dos valores de referência de 10 a 20 mg/d (Kaneko, Harvey e Bruss, 1997). A função hepática está dentro dos padrões normais, de acordo com Kaneko, Harvey e Bruss (1997), animais saudáveis têm níveis de ALT, AST, fosfatase alcalina e gama-glutamyl transferase variando de 6 a 19 UI/L⁻¹, 66 a 230 UI/L⁻¹, 68 a 387 U/L, 20 a 52 U/L, respectivamente. A bilirrubina total deve estar entre 0,2 e 0,4 mg/dL, enquanto a albumina apresentou um valor mais baixo em relação à referência, variando entre 2,7 e 3,9 g/dL (Smith e Sherman 2009). Portanto, as enzimas avaliadoras da função hepática e a função renal das cabras se encontram dentro do nível normal da espécie avaliada.

3.5. Conclusão

O farelo de mamona industrialmente destoxificado pode ser substituir integralmente o farelo de soja em dietas para cabras gestantes das raças Saanen e Anglo-Nubiana, sem afetar o consumo, a digestibilidade dos nutrientes, os parâmetros sanguíneos e o desempenho produtivo.

3.6. Referências

- ANANDAN, S.; ANIL KUMAR, G. K.; GHOSH, J.; et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 120, n. 1, p. 159-168, 2005.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS—AOAC, 2003. Official Methods of Analysis, 17th 2nd rev. ed. **Association of Analytical Chemists - AOAC**, Gaithersburg, M. D, 1094 p.
- BORJA, M. S.; Oliveira, R. L., SILVA, T. M.; et al. Effectiveness of calcium oxide and autoclaving for the detoxification of castor seed meal in finishing diets for lambs. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 231, n. 3, p. 76-88, 2017.
- CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Influence of incubation time and particles size on indigestible compounds contents in cattle feeds and feces obtained by in situ procedures. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 6, p. 335-342, 2008.
- DETMANN, E.; SOUZA, M. A.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. **Métodos para análise de alimentos – INCT – Ciência Animal**. Suprema, Visconde do Rio Branco, 2012. 214 p.
- FERREIRA, J. C. et al. (2023). Sugarcane silage added with detoxified castor bean meal in the diet of confined lambs. **Small Ruminant Research**, 228, 107095. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2023.107095>.
- FONSECA, C. E. M.; VALADARES, R. F. D.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Microbial protein synthesis in lactating goats fed diets with increasing levels of dietary protein. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 1169-1177, 2006.
- HARDING JE & JOHNSTON BM (1995) Nutrition and fetal growth. *Reprod Fertil Dev*, 7, 539–547.
- JANSSON, T., PERSSON, E. (1990). Placental Transfer of Glucose and Amino Acids in Intrauterine Growth Retardation: Studies with Substrate Analogs in the Awake Guinea Pig. *Pediatrics Research*, 28, 203-208. <https://doi.org/10.1203/00006450-199009000-00007>.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. Appendixes. In: *Clinical Biochemistry of Domestic Animals*, p. 885–905, 1997. DOI: 10.1016/b978-012396305-5/50032-4.
- KONYALI A, TÖLÜ C, DAS G & SAVAS T. 2007. Factors affecting placental traits and relationships of placental traits with neonatal behaviour in goat. *Anim Reprod Scien* 97:394-401.
- LEDERMAN SA & ROSSO P (1980) Effects of food restriction of fetal and placental growth and maternal body composition. *Growth*, 44, 77–88.

LIRA, V. L. DE, *et al.* (2024). Effect of detoxified castor bean meal inclusion in sugarcane ensilage on intake, digestibility, water balance, ruminal parameters, serum biochemistry, and ingestive behavior of sheep. **Livestock Science**, 280, 105409. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105409>.

MCCRABB GJ, EGAN AR & HOSKING BJ (1992) Maternal undernutrition during mid-pregnancy in sheep: variable effects on placental growth. *J Agr Sci*, 118, 127–132.

OLIVEIRA, A. S. DE, *et al.* (2010). Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castorseed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology**, 158(1–2), 15–28. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2010.02.009>.

OSGERBY, J.C., WATHES, D.C., HOWARD, D., GADD, T.S., 2002. The effect of maternal undernutrition on ovine fetal growth. *J. Endocrinol.* 173, 131–141.

ROCHA, A. C. *et al.* (2022). The industrial process of solvent extraction of castor oil reduces the toxicity of the meal. *Industrial Crops and Products*, 181, 114800. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.114800>.

SCA, 1990. Feeding Standards for Australian Livestock: Ruminants. Standing Committee on Agriculture. CSIRO, East Melbourne, 266 pp

SHELTON, M., GROFF, J.L., 1974. Reproductive Efficiency in Angora Goats. Texas Agricultural Experimental Station Bulletin (PR-1136). Texas Agricultural and Mechanical University, College Station, Texas. Snyman, M.A., 2010. Factors affecting pre-weaning kid mortality in South African Angora goats. *S. Afr. J. Anim. Sci.*, 54–64.

SMITH MC & SHERMAN DM. 2009. Goat Medicine. 2nd ed. Lea and Febiger, Philadelphia, 871 p.

WOODALL SM, JOHNSTON BM, BREIER BH & GLUCKMAN PD (1996) Chronic maternal undernutrition in the rat leads to delayed postnatal growth and elevated blood pressure of offspring. *Pediatr Res*, 40, 438–443.

GOETSCH, A. L. Invited review: Current areas of research of feeding practices for lactating goats. **The Professional Animal Scientist**, v. 32, n. 6, p. 725–735, 2016.

HALL, M. B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 81, p. 3226–3232, 2003.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. (Ed.). **Clinical biochemistry of domestic animals**. Academic press, 2008.

KAWAS, J.R.; SCHACHT, W.H.; SHELTON, J.M. *et al.* Effects of grain supplementation on the intake and digestibility of range diets consumed by goats. **Small Ruminant Res.**, v.34, p.49–56, 1999.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 57, n. 4, p. 347–358, 1996.

LIDEN, D. S.; KEMYON, P. R.; BLAIR, H. T.; LOPEZ-VILLALOBOS, N; *et al.* Effects of ewe size and nutrition on fetal mammary gland development and lactational performance of offspring at their first lactation. **Journal of Animal Science**, Savoy. v. 87, n. 6, p. 3944–3954, 2009.

LYNN, K. R.; CLEVETTE-RADFORD, N. A. Lectins from latices of Euphorbia and Elaeophorbia species. **Phytochemistry**, Londres, v. 25, n. 7, p. 1553-1557, 1986.

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**, Gaithersburg, v. 85, n. 3, p. 1217–1240, 2002.

MOREIRA, R. A.; PERRONE, J. C. Purification and partial Characterization of a lectin from Phaseolus vulgaris. **Plant Physiology**. v. 59, p. 783-787, 1977.

MORENO-ROJAS, R.; ZURERA-COSANO, G.; AMARO-LOPEZ, M. A. Concentration and seasonal variation of calcium, magnesium, sodium and potassium in raw cow, ewe and goat milk. **International Journal of Food Sciences and Nutrition**, v. 45, n. 2, p. 99-105, 1994.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL—NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants. **National Academy Press**, Washington, DC, 2007.

NOCEK, J. E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility: a review. **Journal of Dairy Science**, Champaign. v. 71, n. 3, p. 2051-2069, 1988.

OLIVEIRA, A. S.; CAMPOS, J. M. S.; OLIVEIRA, M. R. C.; et al. In vitro ruminal degradation of ricin and its effect on microbial growth. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 157, n. 2, p. 41-54, 2010.

POGLIANI, F. C.; AZEDO, M. R; SOUZA, R. M; et al. Influência da gestação e do puerpério no lipidograma de bovinos da raça holandesa. **Arquivo brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 2, p. 273-280, 2010.

POMPEU, R. C. F. F. ROCHA, A. C.; CÂNDIDO, M. J. D.; et al. Farelo de mamona industrialmente destoxificado na alimentação de ovinos. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento 16**. Embrapa caprinos e ovinos, Sobral, 2020. 22 p.

SAS INSTITUTE, 2005. **SAS system for Windows: versão 9.4**. SAS Institute, Cary.

SNIFFEN, C. J., O'CONNOR, J. D., VAN SOEST, P. J.; et al. Net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 70, p. 3562-3577, 1992.

VALADARES, R. F. D.; BRODERICK, G. A.; VALADARES FILHO, S. C.; et al. Effect of replacing alfalfa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, Champaign. v. 8, n. 7, p. 2686-2696, 1999.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B., LEWIS, B. A. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign. v. 74, p. 3583–3597, 1991.

WEISS, W.P. 1999. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: Proc. **Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers**. Cornell University, Ithaca, USA. 1999. 176–185 p.

4. CONCLUSÕES

O farelo de mamona industrialmente destoxificado pode ser uma alternativa viável em substituição total ao farelo de soja em fêmeas caprinas gestantes, pois apresenta maior digestibilidade de nutrientes e não afeta o comportamento ingestivo.

Os parâmetros fisiológicos não foram alterados pelas dietas, mas sim pelo status fisiológico do animal (gestação) e pelo estresse térmico.

Apesar da maior digestibilidade do farelo de mamona, não houve diferença significativa no desempenho produtivo das cabras gestantes, nem no consumo de matéria seca e outros nutrientes.

O peso das crias ao nascer pode ser influenciado pela disponibilidade de nutrientes e pelo número de crias por parto.

O farelo de mamona industrialmente destoxificado apresentou maior digestibilidade em relação às dietas contendo farelo de soja, indicando a necessidade de mais pesquisas para investigar esse fator.