



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

AMANDA CARDOSO ROCHA

FARELO DE MAMONA INDUSTRIALMENTE DESTOXIFICADO COMO FONTE
PROTEICA NA DIETA DE OVINOS

FORTALEZA

2022

AMANDA CARDOSO ROCHA

FARELO DE MAMONA INDUSTRIALMENTE DESTOXIFICADO COMO FONTE
PROTEICA NA DIETA DE OVINOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção de título de Mestre em Zootecnia. Área de Concentração: Nutrição Animal e Forragicultura.

Orientador: Prof. Dr. Magno José Duarte
Cândido
Coorientador: Dr. Roberto Cláudio Fernandes
Franco Pompeu

FORTALEZA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- R571f Rocha, Amanda Cardoso.
Farelo de mamona industrialmente destoxificado como fonte proteica na dieta de ovinos / Amanda Cardoso Rocha. – 2022.
51 f. : il.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Fortaleza, 2022.
Orientação: Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido.
Coorientação: Prof. Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu .
1. Consumo. 2. Desempenho. 3. Parâmetros sanguíneos. 4. Pequenos ruminantes. 5. Eficiência bioeconômica. I. Título.

CDD 636.08

AMANDA CARDOSO ROCHA

FARELO DE MAMONA INDUSTRIALMENTE DESTOXIFICADO COMO FONTE
PROTEICA NA DIETA DE OVINOS

Dissertação submetida à Coordenação do
Curso de Pós-Graduação em Zootecnia, da
Universidade Federal do Ceará, como
requisito parcial para a obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Nutrição animal e
Forragicultura.

Aprovada em: 02/022022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr. Roberto Cláudio Fernandes Franco Pompeu (Coorientador)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Caprinos e Ovinos)

Dr. Liv Soares Severino
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Algodão)

Prof. Dr. Igo Renan Albuquerque de Andrade
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Luciana Freitas Guedes
Centro Universitário Inta (UNINTA)

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Ceará, pela oportunidade de fazer uma pós-graduação.

Ao Prof. Dr. Magno José Duarte Cândido, pela orientação, pela paciência e por todos os ensinamentos durante o período de mestrado, colaborando com meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. Roberto Pompeu, pela coorientação e pelo apoio durante o período de mestrado.

Ao Dr. Liv Severino, pelo suporte durante toda essa jornada, sempre se prontificando e ajudando em qualquer dificuldade.

Aos professores participantes da banca examinadora, pelas colaborações e sugestões.

Aos professores Luciano Pinheiro e Igo Renan, por toda paciência, compreensão, pelos esclarecimentos e pela análise dos dados.

Aos funcionários e estudantes que fazem parte do Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura (NEEF), em especial ao senhor Vanderlei (Vandin) e ao senhor Francisco, por todo o suporte durante o período experimental.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal (Lana), Keila e Danilo, por toda ajuda durante o período de análises.

À minha mãe, Gorett Cardoso, ao meu pai, André Luíz, por sempre cuidarem de mim e não medirem esforços para garantir minha formação.

À minha irmã/mãe Andreia Karolline (*In memoriam*), por ser sempre meu porto seguro e sempre ter acreditado nessa jornada, apesar de não estar mais presente fisicamente, ainda olha por mim.

Às minhas irmãs Andrêssa Rocha e Annanda Amélia, por sempre torcerem por mim.

Agradeço a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para a conclusão desse trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 8888.453981/2019-1

RESUMO

Objetivou-se avaliar o consumo de nutrientes, a digestibilidade aparente, o desempenho produtivo, os parâmetros sanguíneos e os parâmetros fisiológicos de ovinos alimentados com diferentes fontes proteicas na ração concentrada: farelo de soja (FS); farelo de mamona integral (FMI) e farelo de mamona peneirado (FMP), assim como avaliar a eficiência bioeconômica das três rações em sistemas de produção de ovinos em confinamento. Foram utilizados 24 ovinos machos não castrados, com $18 \text{ kg} \pm 2,23$ de peso corporal e aproximadamente sete meses de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado num arranjo fatorial 3×2 , sendo três dietas (FS, FMI e FMP) e duas raças (12 ovinos da raça Morada Nova e 12 ovinos da raça Santa Inês). Nenhuma das variáveis avaliadas apresentou interação ($P > 0,05$) dieta x genótipo. O consumo de nutrientes (g/dia, %PC e g/UTM) foi semelhante para os ovinos alimentados com a dieta contendo FS e para ovinos alimentados com FMI. A digestibilidade dos nutrientes não foi influenciada ($P > 0,05$) pelo genótipo e pelas dietas. Os ovinos da raça Santa Inês apresentaram maior consumo (g/dia) de matéria seca, de proteína bruta e de extrato etéreo. O fator genótipo influenciou o peso corporal final (PCf), o ganho de peso total (GPT), o ganho médio diário (GMD) e o número de dias para ganhar 12 kg (D12), onde ovinos da raça Santa Inês apresentaram maiores valores para PCf (34,25 kg), GPT (14,44 Kg) e GMD (215,25 g/dia) e os ovinos da raça Morada Nova apresentaram maior D12 (71,04 dias). Não houve efeito ($P > 0,05$) de dieta e nem de genótipo para maioria dos parâmetros sanguíneos avaliados, exceto de dieta para a variável ureia, com maiores valores obtidos nos os ovinos alimentados com a ração FMP (38,75 mg/dl). Não houve efeito de genótipo e dieta ($P > 0,05$) para os parâmetros fisiológicos avaliados. O farelo de mamona industrialmente destoxificado não afeta o desempenho dos ovinos nem causa toxidez aos animais. O sistema que apresentou o maior lucro foi com ovinos da raça Santa Inês alimentados com farelo de mamona integral, demonstrando que esse ingrediente pode substituir a soja como fonte proteica na ração desses animais, trazendo bom retorno ao sistema de produção.

Palavras-chave: consumo; desempenho; parâmetros sanguíneos; pequenos ruminantes; eficiência bioeconômica.

ABSTRACT

The objective was to evaluate the nutrient intake, apparent digestibility, productive performance, blood and physiological parameters of sheep fed with different protein sources in the concentrate feed: soybean meal (SF); whole castor bean meal (FMI) and sieved castor bean meal (FMP), as well as to evaluate the bioeconomic efficiency of the three rations in sheep production systems in confinement. Twenty-four uncastrated male sheep, with $18 \text{ kg} \pm 2.23$ body weight and approximately seven months of age, were used. The animals were distributed in a completely randomized design in a 3×2 factorial arrangement, with three diets (FS, FMI and FMP) and two breeds (12 Morada Nova sheep and 12 Santa Ines sheep). None of the variables evaluated showed interaction ($P > 0.05$) diet \times genotype. Nutrient intake (g/day, %BW and $\text{g}^{0.75}$) was similar for sheep fed the diet containing FS and for sheep fed FMI. Nutrient digestibility was not influenced ($P > 0.05$) by genotype and diets. Santa Ines sheep showed higher intake (g/day) of dry matter, crude protein and ether extract. The genotype factor influenced final body weight (BW), total weight gain (TWG), average daily gain (ADG) and the number of days to gain 12 kg (D12), where Santa Ines sheep showed higher values for PCf (34.25 kg), TWG (14.44 kg) and ADG (215.25 g/day) and Morada Nova sheep showed higher D12 (71.04 days). There was no effect ($P > 0.05$) of diet or genotype for most of the blood parameters evaluated, except for the diet for the variable urea, with higher values obtained in sheep fed with FMP diet (38.75 mg/dl). There was no effect of genotype and diet ($P > 0.05$) for the physiological parameters evaluated. Industrially detoxified castor meal does not affect sheep performance or cause toxicity to animals. The system that presented the highest profit was with Santa Ines sheep fed with whole castor meal, demonstrating that this ingredient can replace soy as a protein source in the ration of these animals, bringing good return to the production system.

Keywords: intake; performance; blood parameters; small ruminants; bioeconomic efficiency.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	A cultura da mamoneira	12
2.2	Cenário mundial e nacional	12
2.3	Características bioquímicas e Produtos e subprodutos oriundos da mamoneira ...	13
2.4	Compostos tóxicos	15
2.4.1	<i>Ricina</i>	15
2.4.2	<i>Ricinina</i>	16
2.5	Fatores alergênicos	17
2.6	Mamona na alimentação animal	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1	Processamento e obtenção do farelo de mamona	19
3.2	Localização experimental.....	20
3.3	Período experimental, delineamento e tratamentos	20
3.4	Ensaio de consumo e digestibilidade	22
3.5	Análises químicas.....	22
3.6	Ensaio de desempenho	24
3.7	Análises sanguíneas	24
3.8	Avaliação dos parâmetros fisiológicos	25
3.9	Análise estatística.....	25
3.10	Avaliação da eficiência bioeconômica	25
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Consumo e digestibilidade dos nutrientes	29
4.2	Desempenho de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas	33
4.3	Parâmetros sanguíneos de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas	35
4.4	Parâmetros fisiológicos de ovinos alimentados com diferentes fontes proteicas	38
4.5	Eficiência bioeconômica de sistemas contendo ovinos alimentados com diferentes fontes proteicas.....	39
5	CONCLUSÃO.....	46

REFERÊNCIAS	47
--------------------------	-----------

1 INTRODUÇÃO

O sucesso na produção de pequenos ruminantes em regiões tropicais depende em grande parte do potencial de produção dos animais (TEDESCHI *et al.*, 2010) e da capacidade de adaptação destes ao meio ambiente. Outro aspecto importante é a nutrição, ou seja, se os alimentos que são fornecidos aos animais são de boa qualidade, com alto valor biológico, que permita que o animal expresse seu máximo potencial. Entretanto, a alimentação dentro do sistema de produção pode alcançar 70% dos custos totais (CAVALCANTE *et al.*, 2005). Esse fato deve-se, principalmente, aos principais ingredientes utilizados serem alimentos nobres, os quais podem estar ligados diretamente à alimentação humana, como é o caso do milho e do farelo de soja.

A terminação de animais em confinamento faz parte das tecnologias para intensificação dos sistemas, sendo determinante no cenário atual de produção, pois, embora aumente os custos, garante ao produtor maior rapidez quanto ao retorno do capital investido (PRADO, 1993; VASCONCELOS *et al.*, 2000). O confinamento de borregos apresenta inúmeras vantagens, entre elas a velocidade de acabamento, melhor conversão alimentar, qualidade dos animais, preço e qualidade da alimentação (BENDAHAN, 2006). A utilização de altos níveis de concentrado no confinamento também é uma estratégia adotada nos sistemas de produção, objetivando a precocidade ao abate e a obtenção de carcaças de qualidade, porém, a problemática seria o custo de produção (VIDAL *et al.*, 2004).

Os ruminantes exercem papel importante para a agricultura mundial e gestão de recursos naturais, pois fazem parte da segurança alimentar. Uma solução para reduzir os custos nesses sistemas de produção seria através da implementação de produtos alternativos na alimentação animal, utilizando subprodutos produzidos em larga escala e de fácil acessibilidade (VIEIRA *et al.*, 2012).

A cultura da mamoneira (*Ricinus communis*) foi estudada e explorada no início dos anos 2000 no Brasil como alternativa para produção de biodiesel (SEVERINO *et al.*, 2012), porém não obteve tanta popularidade. Atualmente, o maior interesse econômico é no óleo contido nas sementes, que possui alta estabilidade, o que o torna interessante para a indústria. Como todo processo industrial, são gerados resíduos no processo de extração do óleo, sendo necessário direcionamento para a utilização desse material garantindo a sustentabilidade do sistema. Atualmente, o farelo das sementes da mamoneira vem sendo utilizado como fertilizante natural por ser caracterizado como fonte de nitrogênio e de matéria orgânica (SEVERINO *et al.*, 2021). Diferentemente da torta de mamona, o farelo é resultante

de uma extração minuciosa, em que a semente é submetida a processos mecânicos e químicos para maior aproveitamento do óleo da semente de mamona, que atualmente é o produto de maior interesse na indústria.

Ao introduzir o farelo de mamona na alimentação animal como fonte de proteína, substituindo fontes convencionais como o farelo de soja, é possível agregar valor a esse produto. Entretanto, a cultura da mamoneira apresenta alguns fatores antinutricionais, os quais podem ocasionar alergias e até a morte dos animais devido a compostos alergênicos e lectinas citotóxicas como ricina, ricinina e *Ricinus communis* aglutinina (ANDRADE *et al.*, 2019).

Em estudos realizados com a torta de mamona na alimentação de pequenos ruminantes, foram desenvolvidos métodos laboratoriais (POMPEU *et al.*, 2012) e alternativos (FURTADO *et al.*, 2012; ARAÚJO *et al.*, 2018; ANDRADE *et al.*, 2019) de destoxificação para a utilização desse subproduto na alimentação animal, porém há custos adicionais envolvidos nesses processos, que podem inviabilizar o uso desse subproduto como ingrediente alternativo.

Vislumbrando-se uma perspectiva de novos métodos de processamento da semente da mamoneira para a extração do óleo, a indústria vem adotando tecnologias mais eficientes, submetendo as sementes à pressão, a altas temperaturas e a lavagem por solventes orgânicos. Esses processos geram um subproduto possivelmente destoxificado, ou seja, sem a necessidade de tratamento antes de fornecer aos animais, sendo esse o caso do subproduto alvo de investigação no presente estudo.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o consumo de nutrientes, a digestibilidade aparente, o desempenho, os parâmetros sanguíneos e fisiológicos de ovinos alimentados com dietas contendo fontes proteicas alternativas ao farelo de soja, comprovar a não toxicidade do material estudado, assim como avaliar a eficiência bioeconômica das rações em sistemas de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura da mamoneira

A mamoneira (*Ricinus communis*) pertence à família *Euphorbiaceae*, tendo origem ainda incerta por conter relatos de sua existência em diversos locais. Foi introduzida principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, por ser uma planta de fácil adaptação, pouco exigente em relação às características edafoclimáticas e de manejo cultural (SILVA *et al.*, 2006). Atualmente é cultivada em regiões temperadas e tropicais para a extração do óleo contido nas sementes, que é amplamente utilizado para fins medicinais e industriais (ANANDAN *et al.*, 2005). Segundo Severino *et al.* (2012), a cultura da mamoneira possui elevado potencial como oleaginosa industrial principalmente devido ao seu teor elevado de óleo de semente, composição exclusiva de ácidos graxos (900 g/kg de ácido ricinoleico), altos rendimentos de óleo e capacidade de se adaptar em condições de seca e de água e solos salinos.

2.2 Cenário mundial e nacional

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), a produção mundial de sementes de mamoneira (*Ricinus communis*), no ano de 2019, foi de 1.407.588 toneladas, sendo os principais países produtores da cultura a Índia, China, Moçambique e Brasil, respectivamente (FAO, 2018).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a cultura da mamoneira no Brasil ocupou uma área de 46,6 mil hectares, com produção de 30,6 mil toneladas de grãos na safra de 2018/2019, sendo a Bahia o estado com maior área plantada e maior produção. No Brasil, o cultivo dessa cultura é realizado geralmente em sistema de monocultivo ou consorciado, em sistema de produção semiperene conduzidos por médios e pequenos produtores, com pouco aporte de insumos, em regime de sequeiro, ou seja, sem grandes investimentos tecnológicos (CONAB, 2019).

De acordo com Mutlu e Meier (2010), esse método é economicamente viável, porém apresenta baixo rendimento na extração do óleo. Diferentemente, no processo químico são utilizados solventes orgânicos que possibilitam maior extração do óleo das sementes, obtendo como produto final o farelo (POMPEU, 2009) e aproveitamento do óleo com sua retirada quase que total.

O processo de extração do óleo gera resíduos que podem ser utilizados em outros setores, por exemplo, como fertilizante natural por ser caracterizado como fonte de nitrogênio e matéria orgânica (SEVERINO, 2005) e na alimentação animal onde se pode obter maior valor agregado (SANTOS *et al.*, 2018).

2.3 Características bioquímicas e produtos e subprodutos oriundos da mamoneira

A importância da mamoneira deve-se à grande aplicabilidade de seu óleo, que apresenta, aproximadamente, 90% de ácido ricinoléico em sua composição, e, em sua estrutura química, o grupo hidroxila no carbono 12 e dupla ligação, única fonte comercial com essa particularidade. Esse ácido é o que proporciona a especificidade do óleo de mamona, garantindo diversas aplicações, como: lubrificante de turbinas, na fabricação de tecidos, adesivos, cosméticos, fios, tubos plásticos, tintas automotivas e de impressoras (SEVERINO *et al.*, 2012).

A composição do óleo de mamona tem como principal ácido graxo o ácido ricinoléico ($C_{18}H_{34}O_3$), com aproximadamente 87,7-90,4% do conteúdo total de ácidos graxos (MUTLU; MEIER, 2010). Esse ácido graxo é o que garante ao óleo de mamona características como alta viscosidade, alta miscibilidade, baixo ponto de congelamento, maior estabilidade, o que a torna uma matéria-prima apropriada para a produção de produtos adesivos e plásticos de revestimento (AN *et al.*, 2018) e de biodiesel (OSORIO-GONZÁLEZ *et al.*, 2020), sendo a maior fonte de interesse da indústria. O grupo hidroxila proporciona estabilidade ao óleo de mamona, que mantém sua viscosidade em condições de amplitude térmica, diferentemente de outros óleos vegetais que perdem a viscosidade em altas temperaturas e se solidificam em baixas temperaturas, também possui estabilidade à oxidação.

A mamoneira é uma planta economicamente significativa, devido, em grande parte, à sua produção de óleo, que é usado como aditivo alimentar, aromatizante, lubrificante, ingrediente cosmético, entre outros (XIE *et al.*, 2012). As sementes contêm entre 45 e 55% de óleo, o qual é de cor amarelo-claro com odor suave e alta viscosidade (MOHAMED *et al.*, 2015). O óleo extraído das sementes da mamoneira possui um mercado internacional crescente, garantido por mais de 700 diferentes aplicações que incluem desde uso medicinal em cosméticos até a substituição ao petróleo na fabricação de plásticos e lubrificantes. O produto também é utilizado na fabricação de tintas e isolantes, na produção de fibra ótica, vidro à prova de balas e próteses ósseas. Além disso, é indispensável para impedir o

congelamento de combustíveis e lubrificantes de aviões e foguetes espaciais quando atingem baixíssimas temperaturas.

Além destas aplicações, o óleo de mamona é empregado para produção de corantes, anilinas, desinfetantes, germicidas, colas e aderentes, base para fungicidas e inseticidas, tintas de impressão e vernizes. Também é transformado em plástico sob a ação de reatores nucleares adquirindo a resistência do aço, porém mantendo a leveza da matéria plástica. Uma das aplicações de grande valor econômico do óleo de mamona é na fabricação do nylon e da matéria plástica empregada na fabricação de espumas plásticas, em que o óleo de mamona confere texturas variáveis ao material, desde a macia e esponjosa até a dura e rígida (FELIX *et al.*, 2007). Outra característica importante desse óleo é a sua alta solubilidade em álcoois à temperatura ambiente, o que também possibilita várias reações químicas (SILVA *et al.*, 2006).

Nos últimos anos, os óleos também se tornaram alvos como matéria-prima para a preparação de resinas e materiais poliméricos, visando à substituição dos polímeros e resinas oriundos de petroquímicos. Os grupos hidroxila do óleo de mamona epoxidado formam ligações de hidrogênio com os grupos carbonila no óleo de tungstênio. Essas hidroxilas podem ser mais reativas do que óleo de semente de algodão (*Gossypium* L.) epoxidado, por exemplo, dando origem a polímeros de alta performance (SHARMA *et al.*, 2006).

Para a extração do óleo, são realizados dois processos principais, o mecânico e o químico. No processo mecânico, o óleo é extraído com o auxílio de prensas do tipo *expeller*, obtendo a torta como resíduo. A torta é o subproduto que contém maior teor de óleo e, conseqüentemente, é menos interessante para a indústria, pois retém maior quantidade de óleo, e também possui menor teor de proteína, fator que é analisado quando aplicada na alimentação animal. No processo químico de extração do óleo, são utilizados solventes orgânicos que possibilitam maior extração desse produto das sementes, obtendo como resíduo o farelo, subproduto que contém menor teor de óleo e, conseqüentemente, maior teor de proteína bruta, tornando-se um produto de maior interesse (POMPEU, 2009).

A extração do óleo vegetal utilizando solventes geralmente ocorre em escala industrial. Entre os possíveis solventes usados para a extração de óleos vegetais, o hexano é o mais utilizado atualmente (OSORIO-GONZÁLEZ *et al.*, 2020). Após a extração, o solvente é removido por destilação e pode ser condensado e reutilizado (MATA *et al.*, 2011).

O farelo e as cascas da mamona vêm sendo muito utilizados como fertilizante natural por serem caracterizados como fonte de nitrogênio e matéria orgânica (SEVERINO, 2005) e alto teor de potássio (SEVERINO *et al.*, 2012).

Esses subprodutos oriundos da extração do óleo na indústria (torta e farelo) são atrativos por possuírem altos teores de proteína em sua composição, mostrando-se como opção para a alimentação animal, porém é necessário levar em consideração as formas de tratamento desse produto visando à destoxificação a fim de não causar possíveis danos aos animais (SANTOS *et al.*, 2018). Segundo Anandan *et al.* (2005), a autoclavagem a 15 *psi*, por 60 min, remove 100% da ricina. Os mesmos autores afirmaram que o tratamento de 1000 g de torta com 40 g de hidróxido de cálcio a 60 °C por 8 h também remove a ricina. Esse composto tóxico possui certa vulnerabilidade ao calor. Por se tratar de uma proteína, com as variações de temperatura no processo industrial, pode ser facilmente desnaturada e inativada (HORTON *et al.*, 1989).

2.4 Compostos tóxicos

A cultura da mamoneira apresenta inúmeros fatores antinutricionais, os quais podem ocasionar alergias e até a morte devido a compostos alergênicos e lectinas citotóxicas, como a ricina e a *Ricinus communis* aglutinina (RCA), respectivamente (ANDRADE, 2015).

Ainda de acordo com o autor supracitado, as lectinas e a ricina são moléculas que se ligam a carboidratos, composta por dois polipeptídios, cadeia “A” e cadeia “B”, e a RCA, composta por duas cadeias “A” e duas cadeias “B”. A cadeia “B” é uma lectina propriamente dita, a qual se liga aos carboidratos da membrana da célula que promove a entrada da cadeia “A” por endocitose. Ao entrar na célula, a cadeia “A” realiza a inativação dos ribossomos mais rápido do que a célula possa produzir novos ribossomos, ocasionando a morte celular (AUDI *et al.*, 2005).

2.4.1 Ricina

Acreditava-se que a ricina era uma proteína encontrada exclusivamente no endosperma das sementes de mamona e não era detectada em nenhuma outra parte da planta. Com o avanço nos estudos, buscando compreender o funcionamento dessa toxina, hoje já se sabe que a ricina é uma glicoproteína encontrada em todas as partes da planta em pequenas concentrações, mas é na semente onde se encontra em maior quantidade, sendo considerada

como uma das mais potentes e mortais toxinas vegetais (ASLANI *et al.*, 2007). Acredita-se que a principal função da ricina nas sementes é impedir a predação de animais durante seu processo de desenvolvimento (WETTASIGHNE *et al.*, 2013).

A ricina é a toxina mais letal presente na torta de mamona, representando aproximadamente 1,5% desse subproduto (AMBEKAR *et al.*, 1957). É uma proteína inativadora de ribossomo do tipo II (RIP II) por perda da purina de uma invariante adenina do 28s rRNA, impossibilitando a síntese proteica, conseqüentemente ocasionando morte celular. Sendo assim, enzimaticamente, a ricina destrói ribossomos em células eucarióticas (AULD *et al.*, 2001).

A inalação, a ingestão e o contato com essa toxina podem apresentar sintomas de envenenamento, sendo os principais: paralisia da respiração e sistema vasomotor, cólicas abdominais, diarreia, perda de apetite, aumento do ritmo cardíaco, ausência de coordenação dos movimentos, febre e hemorragia (BARBOSA *et al.*, 2007). A ricina pode apresentar doses letais dentre as características fisiológicas dos animais. Em pequenos ruminantes, por exemplo, foi determinada a dose letal de 1,4 mg/kg de peso corporal por dia (ALEXANDER *et al.*, 2008).

2.4.2 Ricinina

Acreditava-se que ricinina era um alcalóide venenoso presente em quantidades pouco significativas (0,23%) na torta de mamona (HINKSON *et al.*, 1972) e não apresentava problemas de toxidez como a ricina (HORTON *et al.*, 1989).

De acordo com Moshkin (1986), o teor de ricinina pode variar entre as diferentes partes da planta: 1,3% nas folhas (matéria seca), 2,5% em plântulas estioladas, 0,03% no endosperma da semente e 0,15% na casca da semente. Severino *et al.* (2006) afirmaram que a concentração desse composto químico é alta na cápsula do fruto (de 739 a 1.664 mg/100 g), média na casca da semente (de 258 a 431 mg/100 g) e pequena no endosperma (de 31 a 77 mg/100g).

Sua massa molecular é 164 mol/g, e a toxicidade em ratos varia de 19 a 20 mg/kg. É uma toxina perigosa que pode causar danos à saúde. Os principais sintomas de envenenamento por ricinina são: vômitos, dores abdominais fortes, sede extrema, diarreia com sangramento, aceleração do batimento cardíaco, convulsões, podendo ocasionar até a morte (LEITE *et al.*, 2005).

2.5 Fatores alergênicos

Alérgenos de plantas, em geral, são proteínas de defesa da planta, que permitem a ela resistir aos estresses bióticos. Muitos tecidos de plantas, que são consumidos por humanos, contêm milhares destas proteínas alergênicas (FELIX *et al.*, 2007). Podem ser proteínas ou glicoproteínas que não possuem uma estrutura molecular ou função bioquímica que os identifica como alergênicos (POMÉS, 2008).

De acordo com Pomés (2008), as proteínas alergênicas Ric c1 e Ric c3 em sementes de mamona são isoformas de albumina 2S que funcionam como proteínas defensivas e de armazenamento. A albumina 2S contém muitos resíduos de glutamina, possui uma massa molecular de aproximadamente 13 kDa, e possui duas cadeias polipeptídicas ligadas por duas pontes de dissulfeto. Ric c1 e Ric c3 são sintetizados a partir de um único precursor com 237 resíduos de aminoácidos. Essas albuminas presentes nas sementes são encontradas nos vacúolos de armazenamento de proteínas e são mobilizadas durante a germinação, atuando como doadoras de nitrogênio e enxofre.

O complexo alergênico CB-1A é formado por aproximadamente 20 isoformas de proteínas, pertencentes à classe das albuminas 2S, é uma proteína estável incomum com grande capacidade alérgica para indivíduos sensíveis. O teor alergênico da torta de mamona, por exemplo, sem cascas e gorduras varia de 6,1 a 9,0 de CB-1A (COULSON *et al.*, 1960). O termo CB-1A surgiu de *Castor Beans* (semente de mamona, em inglês) e 1A se dá ao processo desenvolvido por estudiosos da área, com base na solubilidade em água e insolubilidade em álcool a 75% (TRUGO, 1979).

Como citado anteriormente, a utilização máxima de mamona como fonte proteica e para fins industriais depende, em grande parte, do desenvolvimento de um método viável de inativação ou eliminação do seu alérgeno. A partir dessa problemática, alguns pesquisadores buscaram antígenos capazes de neutralizar os alérgenos. Mayerhoffer (2004) caracterizou um epítipo (menor porção de antígeno com potencial de gerar a resposta imune), cuja sequência peptídica está presente também em outros alérgenos. Felix *et al.* (2007) caracterizaram cinco epitopos alergênicos nas isoformas de albumina 2S, Ric c 1 e Ric c 3, de mamona, capazes de promover a desgranulação de mastócitos. Esses epitopos foram caracterizados utilizando peptídeos sintéticos, os quais foram produzidos com base nas sequências das cadeias leves e pesadas de Ric c 1 e de Ric c 3, as principais isoformas de albumina 2S de *Ricinus communis*.

2.6 Mamona na alimentação animal

O sistema de produção animal a alimentação representa um dos maiores custos. Segundo Restle e Vaz (1999), no processo de terminação para animais em confinamento, a alimentação (volumoso + concentrado) pode alcançar 70% do custo total de produção, sendo que 2/3 desse valor são representados pela fração concentrado. Com isso, alternativas visando à redução nos custos destes componentes aumentaram a lucratividade. Esse fato deve-se, principalmente, aos principais ingredientes utilizados serem alimentos nobres, e que estão diretamente ligados à alimentação humana, por exemplo, o milho e o farelo de soja. Uma solução para diminuir os custos de produção nesses sistemas seria o uso de ingredientes alternativos, utilizando subprodutos produzidos em larga escala.

Atualmente, o principal uso do resíduo oriundo da extração do óleo da mamoneira é como adubo orgânico, porém ele apresenta características desejáveis para ser utilizado na alimentação animal, como alto teor de nitrogênio e, conseqüentemente, alto teor de proteína bruta (DINIZ *et al.*, 2011). O farelo de mamona, além de apresentar os ácidos oleico, linoleico e linolênico em sua composição, possui teores satisfatórios de ácido ricinoleico, substância ainda pouco conhecida quanto ao seu mecanismo de ação na alimentação animal (ARAÚJO *et al.*, 2021).

O valor nutritivo dos subprodutos da extração de óleo de sementes dessa oleaginosa depende diretamente do método de extração, da espécie, do grau de decorticação (separação da casca) da semente e do processamento do produto resultante (POMPEU, 2009). A extração do óleo pode ser realizada por processos mecânicos ou químicos. No processo mecânico, o óleo é extraído com o auxílio de prensas do tipo *expeller*, obtendo como produto final a torta. Todavia, é necessário ter cautela antes de utilizá-lo na alimentação animal devido, principalmente, aos fatores antinutricionais já mencionados.

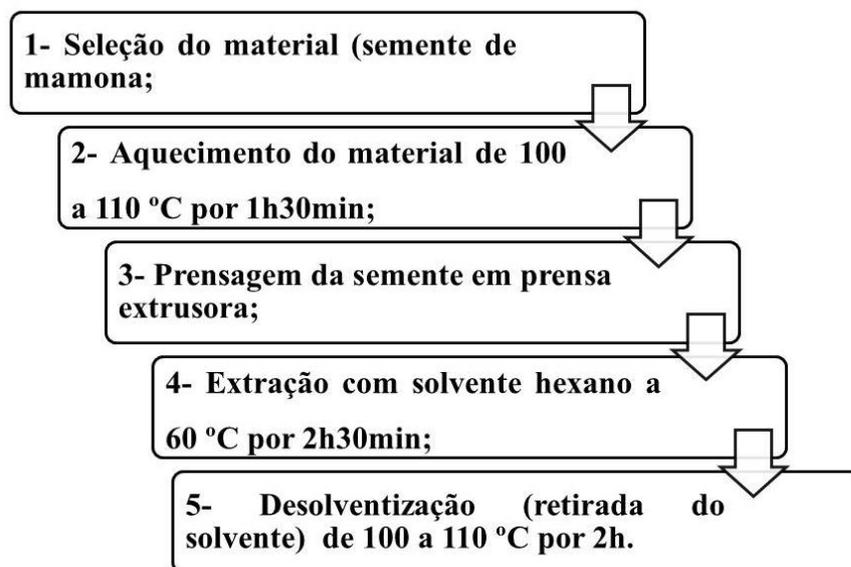
A destoxificação da torta de mamona para a utilização na alimentação animal conta com custos adicionais envolvidos nesses processos, tornando necessário investigar a possibilidade de que o processamento industrial das sementes de mamoneira possa já promover a sua destoxificação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Processamento e obtenção do farelo de mamona

O farelo de mamona foi obtido a partir da extração do óleo das sementes de mamona (*Ricinus communis*) pela indústria Azevedo Óleos Ltda., localizada no município de Itupeva, SP. O método de extração consiste em cinco etapas principais (Figura 1).

Figura 1 – Processamento da semente de mamona para obtenção do óleo



Fonte: elaborada pela autora.

Previamente ao experimento, foram colhidas amostras das diferentes etapas do processamento para obtenção do farelo que foram submetidas à extração de proteínas e ao ensaio de aglutinação com hemácias de coelho, realizado na Embrapa Caprinos e Ovinos, localizada em Sobral, CE. Para a extração de proteínas foi utilizada solução de NaCl 0,15 M na proporção de 1:10 (g de amostra/ml de solvente) durante uma hora, em temperatura ambiente ($\pm 25^{\circ}\text{C}$), sob agitação, seguido por centrifugação a 10.000 g por 30 min, a 4°C . O sobrenadante obtido foi filtrado em papel de filtro qualitativo, obtendo-se o extrato bruto. A concentração de proteína (mg/ml) foi determinada nos extratos utilizando a metodologia proposta por Bradford (1976).

Para a detecção de lectinas citotóxicas ativas, determinou-se a atividade hemaglutinante, seguindo a metodologia descrita por Lynn e Clevette-Radford (1986) e com adaptações conforme Andrade *et al.* (2019). Os extratos foram submetidos a diluições seriadas (1/2, 1/4, 1/8...) em NaCl 150 mm, sendo adicionado igual volume de suspensão de eritrócitos de coelho a 2%. Após repouso por uma hora, a 37°C, foi verificado o correspondente de maior diluição ainda capaz de provocar aglutinação visível a olho nu (POMPEU *et al.*, 2020). O material dessolventizado, oriundo da etapa cinco do processo industrial, foi o recomendado para constituir a dieta experimental dos animais.

3.2 Localização experimental

O experimento foi conduzido no Núcleo de Ensino e Estudos em Forragicultura pertencente ao Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará – NEEF/DZ/CCA/UFC, localizado em Fortaleza – CE, a 15,49 m de altitude, 30°43'02" de latitude sul, e 38°32'35" de longitude oeste. De acordo com a classificação de Köppen (1936), o clima da região é do tipo Aw' tropical chuvoso (médias anuais de temperatura do ar: 26,3°C; pluviometria: 1600 mm; evapotranspiração potencial: 3215 mm; umidade relativa: 62%).

3.3 Período experimental, delineamento e tratamentos

O período experimental foi de janeiro a março de 2020, com duração de 77 dias, sendo os primeiros 14 dias de adaptação dos animais às dietas e ao ambiente experimental. Foram utilizados 24 machos não castrados, com $18 \pm 2,23$ kg de peso corporal e aproximadamente sete meses de idade, sendo 12 ovinos da raça Morada Nova e 12 ovinos da raça Santa Inês.

Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado num arranjo fatorial 3 x 2, sendo três dietas (FS: contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI: contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP: contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado) e duas raças ovinas (Morada Nova e Santa Inês), com quatro repetições (ovinos), tendo feno de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.) como volumoso. Para a obtenção das rações, os farelos de mamona foram oriundos da quinta etapa do processamento industrial (dessolventização),

sendo que, para obter o farelo de mamona peneirado, foi realizado o peneiramento manual prévio do farelo dessolventizado em peneira de 30 *mesh* (orifícios de 0,5 mm).

As dietas foram formuladas de acordo com o National Research Council (NRC) (2007), buscando ganho médio diário de 200 g/dia, buscando tornar as rações isoproteicas e isofibrosas (Tabela 1), com relação volumoso:concentrado 40:60 (com base na matéria seca) (Tabela 2), com fornecimento duas vezes ao dia, às 8:00 e às 16:00 horas, permitindo-se 10% de sobras.

Tabela 1- Composição química dos ingredientes

Nutriente	Ingredientes				
	Feno Tifton 85	Milho moído	Farelo de soja	Farelo de mamona integral	Farelo de mamona peneirado
Matéria seca (g/kg de matéria fresca)	911,00	922,00	936,00	972,00	926,00
Cinzas (g/kg de matéria seca)	67,00	16,00	71,00	107,00	134,00
Proteína bruta (g/kg de matéria seca)	93,00	62,00	452,00	486,00	546,00
Extrato etéreo (g/kg de matéria seca)	23,00	56,00	25,00	12,00	13,00
Fibra em detergente neutro (g/kg de matéria seca)	768,00	126,00	148,00	334,00	162,00
FDNcp (g/kg de matéria seca)	714,00	117,00	127,00	314,00	130,00
Fibra em detergente ácido (g/kg de matéria seca)	384,00	27,00	94,00	268,00	85,00
NIDIN (g/kg de matéria seca)	9,00	9,9	19,00	8,00	17,00
NIDA (g/kg de matéria seca)	2,7	3,6	14,00	6,3	5,4
Carboidratos totais (g/kg de matéria seca)	804,29	866,25	458,87	453,08	308,20
Carboidratos não fibrosos (g/kg de matéria seca)	89,82	749,44	331,41	138,62	178,25

Fonte: elaborada pela autora¹.

¹ NIDIN, nitrogênio insolúvel em detergente neutro; NIDA, nitrogênio insolúvel em detergente ácido; FDNcp, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína.

Os ovinos foram mantidos em baias de madeira individuais, com área de aproximadamente 1,12 m², dotadas de cochos para o fornecimento do alimento, bebedouros com água e saleiros com sal mineralizado *ad libitum*.

3.4 Ensaio de consumo e digestibilidade

O ensaio de consumo de matéria seca foi conduzido durante 51 dias de experimento, coletando amostras dos alimentos fornecidos e as sobras dos animais. Após esse período, realizou-se o ensaio de consumo e digestibilidade dos nutrientes *in vivo* durante os últimos cinco dias de experimento, em que foram coletadas amostras de fezes e sobras de cada animal, assim como dos ingredientes. As fezes foram coletadas diretamente da ampola retal antes da primeira alimentação. As amostras de ingredientes, sobras e fezes foram pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Após a pré-secagem, foram acondicionadas em sacos de náilon de 15 cm x 6 cm com porosidade média de 56 µm e incubadas por 240 horas em triplicatas no rúmen de uma vaca com peso corporal médio de 500 kg, alimentada diariamente *ad libitum* com feno de capim-tifton 85 e concentrado à base de farelo de milho e de soja (CASALI *et al.*, 2008).

3.5 Análises químicas

As amostras de ingredientes, sobras e fezes foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas para um *freezer* com temperatura de -20°C. Posteriormente, foram descongeladas e submetidas à pré-secagem em estufa com ventilação forçada a 55°C até atingir peso constante. Em seguida, as amostras foram moídas em moinho de facas tipo Wiley (Wiley mil, Arthur H. Thomas, Philadelphia, PA, USA) utilizando a peneira de 1,00 mm para amostras destinadas às análises laboratoriais e de 2,0 mm para as amostras a serem utilizadas para a avaliação da digestibilidade (CASALI *et al.*, 2008).

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Ceará, de acordo com os métodos da Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 1990) para matéria seca (MS; método número 967.03), matéria mineral (MM; método número 942.05), proteína bruta (PB; método número 981.10), extrato etéreo (EE; método número 920.29) e fibra em detergente ácido (FDA; método número 913.18) (Tabela 2).

O valor de fibra em detergente neutro (FDN) foi obtido através da metodologia proposta por Van Soest *et al.* (1991), em que foi utilizada a alfa-amilase termoestável sem sulfito de sódio (MERTENS, 2002) e corrigido para cinzas e compostos nitrogenados (LICITRA *et al.*, 1996). Os carboidratos totais (CT) foram calculados de acordo Sniffen *et al.* (1992), onde: $CT (\%) = 100 - (\% PB + \% EE + \% MM)$. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados utilizando a equação adaptada de Weiss (1993), onde: $CNF (\%) = 100 - (\% FDN_{ncp} + \% PB + \% EE + \% MM)$ (Tabela 2). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados de acordo com Sniffen *et al.* (1992), onde: $NDT = PBd + EEd \times 2.25 + CTd$ (PBd é proteína bruta digestível, CTd são os carboidratos totais digestíveis, e EEd é o extrato etéreo digestível).

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais

(continua)

Ingredientes	Proporção dos ingredientes em cada ração		
	(% na matéria seca)		
	FS	FMI	FMP
Feno de capim-tifton 85	40,00	40,00	40,00
Milho em grão moído	47,00	49,78	51,45
Farelo de soja	10,70	-	-
Farelo de mamona integral	-	9,20	-
Farelo de mamona peneirado	-	-	7,73
Calcário	1,00	0,62	0,71
Ureia	0,10	0,40	0,10
Relação volumoso:concentrado	40:60	40:60	40:60
Nutrientes	Rações experimentais		
Matéria seca (g/kg de matéria fresca)	898,6	913,81	911,16
Cinzas (g/kg de matéria seca)	42,02	44,60	45,35
Proteína bruta (g/kg de matéria seca)	114,56	112,77	111,58
Extrato etéreo (g/kg de matéria seca)	36,32	36,18	36,95
FDN _{ncp} (g/kg de matéria seca)	354,19	372,72	355,85

Tabela 2 – Proporção dos ingredientes e composição química das rações experimentais

			(conclusão)
Fibra em detergente ácido (g/kg de matéria seca)	176,35	191,7	174,06
Carboidratos totais (g/kg de matéria seca)	777,9	794,62	791,22
Carboidratos não fibrosos (g/kg de matéria seca)	423,63	421,75	435,29
NDT (%)	71,21	70,26	71,09

Fonte: elaborada pela autora².

3.6 Ensaio de desempenho

O peso corporal inicial (PCi) foi considerado como o peso que os animais entraram no experimento, que foi ajustado segundo equação proposta por Herbster *et al.* (2020) buscando menores interferências no desempenho dos animais sem submetê-los ao jejum antes de cada pesagem. Os ovinos foram pesados semanalmente durante todo o período experimental com o auxílio de uma balança eletrônica, modelo Weightech WT1000. Aos 77 dias de confinamento, os animais foram pesados e submetidos ao jejum de sólidos e líquidos por 16 horas para a determinação do peso corporal final (PCf), para avaliação do desempenho dos ovinos. Para cálculo de ganho médio diário (GMD), levou-se em consideração a equação: $GMD = (PCf - PCi) / \text{dias em confinamento}$; conversão alimentar (CA) foi obtida pelo por meio da equação: $CA = \text{consumo de matéria seca (CMS)} / GMD$ e a variável número de dias para ganhar 12kg (D12) foi estimada dividindo 12 kg pelo GMD.

3.7 Análises sanguíneas

Após 51 dias de experimento, realizou-se a colheita de sangue por meio de punção da veia jugular, quatro horas após a primeira alimentação, para a determinação dos perfis proteico e hepático. Foram colhidas amostras de aproximadamente 6 ml de sangue de cada animal em tubos *vacutainer* sem anticoagulante. Essas amostras foram resfriadas e imediatamente enviadas para o laboratório Pathovet para realização das análises.

² FS, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado; FDNcp, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína.

3.8 Avaliação dos parâmetros fisiológicos

A frequência respiratória (FR), frequência cardíaca (FC), temperatura retal (TR) e temperatura superficial corpórea (TSC) foram aferidas durante três dias consecutivos nos seguintes horários: 07:00 às 08:00; 12:00 às 13:00 e 17:00 às 18:00 horas. A temperatura retal (TR) foi mensurada por meio da introdução de um termômetro clínico digital diretamente no reto do animal, permanecendo por um período de estabilização, com o resultado expresso em graus centígrados.

A temperatura superficial corporal foi obtida através da média aritmética das temperaturas de cinco regiões determinadas no corpo do animal, sendo elas a temperatura superficial da frente, do pescoço, do lombo, do costado e do ventre, com auxílio de um termômetro infravermelho digital. As frequências respiratórias e cardíacas foram obtidas com o auxílio de estetoscópio flexível, colocado ao nível da região laringo-traqueal, contando-se o número de movimentos durante 15 segundos.

3.9 Análise estatística

Os dados foram testados quanto à normalidade (Shapiro-Wilks) e homocedasticidade (Levene) e, quando atendida às pressuposições, foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias. Foi empregado o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + I_j + (S_i \times I_j) + e_{ij},$$

Onde, Y_{ijk} corresponde à variável dependente analisada, S_i ao efeito da dieta, I_j ao efeito do genótipo, $S_i \times I_j$ à interação entre dieta e genótipo e e_{ij} ao erro experimental. Quando os efeitos principais ou a interação foram significativos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, sendo as diferenças consideradas significativas quando $P < 0,05$. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, foi utilizado o software R (R Development Core Team, 2017).

3.10 Avaliação da eficiência bioeconômica

Serão apresentados e discutidos os resultados econômicos do confinamento de ovinos da raça Santa Inês e Morada Nova, alimentados com três rações (FS: contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI: contendo como fonte proteica no

concentrado o farelo de mamona integral; FMP: contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado) e tendo feno de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.) como volumoso, sendo a relação volumoso:concentrado 40:60.

Foram simulados seis sistemas de criação com 200 animais por lote, considerando que esse é o número máximo de ovinos manejados por um funcionário (ANDRADE *et al.*, 2011), sendo adotado um vazio sanitário de 10 dias entre lotes e que os animais entraram nos sistemas com 18 kg e saíram com 30 kg de peso corporal. O preço de compra dos animais foi determinado a partir dos valores observados no mercado da região (US\$ 1,49 kg/Peso corporal). A simulação para todos os sistemas de confinamento considerou que os animais foram mantidos em currais de madeira provido de bebedouros, comedouros e centro de manejo, obedecendo uma área de aproximadamente 1,0 m²/animal.

Dentre as metodologias utilizadas para análise dos custos de produção, destaca-se a dos custos fixos e variáveis e a dos custos operacionais de produção. Essas vêm sendo muito utilizadas para análises dos modelos de produção agropecuários, pois apresenta um número de respostas intermediário, dividindo os custos em: operacionais efetivos, operacionais totais e total de produção (HOFFMAN *et al.*, 1987). Para o levantamento dos custos, consideraram-se as despesas de custeio (mão de obra, alimentação dos ovinos, medicamentos, energia elétrica, assistência técnica, manutenção das instalações e compra de animais), despesas com investimentos (instalações, bebedouros, picadora/trituradora, e equipamentos), depreciação das instalações, máquinas e equipamentos, além da remuneração do capital investido, obtendo assim despesas totais do sistema (HOFFMAN *et al.*, 1987). Os custos com as rações foram orçados referentes à compra de sacos dos ingredientes utilizados considerando sua entrada em percentual na ração (Tabela 2), sendo que para o volumoso foram utilizados o valor orçado do fardo de feno de capim-tifton 85 (Tabela 3).

Tabela 3 – Peso e preço de mercado dos ingredientes e preço das diferentes rações concentradas

(continua)

Ingredientes	Quantidade em kg	Preço (US\$)
Feno de capim-tifton 85	11	4,84
Milho em grão moído	60	20,85
Farelo de soja	50	27,37
Farelo de mamona integral	100	16,76
Farelo de mamona peneirado	100	16,76

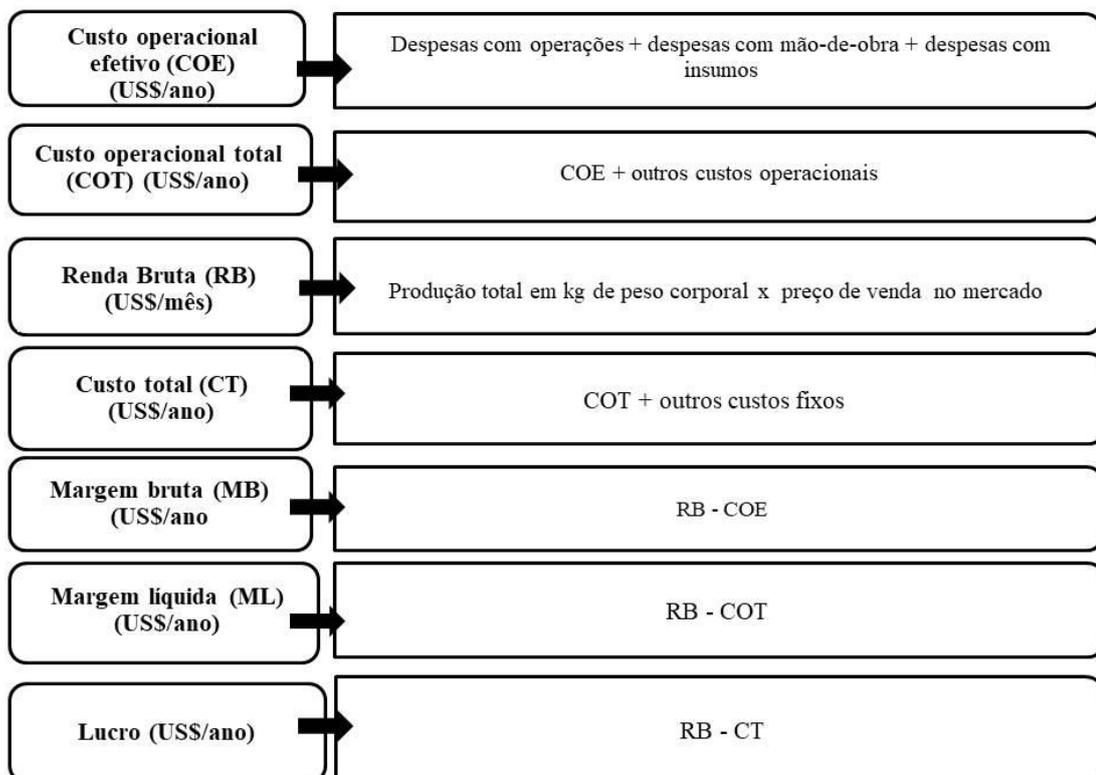
Tabela 3 – Peso e preço de mercado dos ingredientes e preço das diferentes rações concentradas

(conclusão)		
Calcário	40	4,09
Ureia	25	47,02
Sal mineral	25	31,19
Preço do concentrado (US\$/kg)		
FS	FMI	FMP
0,36	0,32	0,32

Fonte: elaborada pela autora³.

Para a análise econômica financeira, foram calculados os valores do custo operacional efetivo (COE), custo operacional total (COT), renda bruta (RB), custos totais (CT), relação benefício/ custo (B/C), margem bruta (MB), margem líquida (ML) e lucro, através dos seguintes cálculos (Figura 2).

Figura 2- Cálculos análise econômico financeira



Fonte: elaborada pela autora.

³ FS, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado.

Para a análise de sensibilidade, foi considerado um horizonte de 10 anos, sendo determinados os valores da taxa interna de retorno (TIR) e o valor presente líquido (VPL).

A taxa interna de retorno (TIR) consiste no percentual de retorno obtido sobre o saldo investido e ainda não recuperado em um projeto de investimento, expressando a rentabilidade (retorno): $TIR = \sum (\text{Fluxos de benefício} - \text{custo no período}) / (1 + T)^j = 0$

Onde, T= taxa de desconto

Já o VPL leva em consideração o efeito do tempo sobre os valores monetários (valores reais), utilizando-se a taxa média de juros do mercado (custo de oportunidade do capital) (ANDRADE *et al.*, 2018), sendo $VPL = \sum (\text{Fluxos de benefício} - \text{custo no período}) / (1 + T)^i$

Onde, T = taxa de desconto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Consumo e digestibilidade dos nutrientes

Não foi observado efeito de interação ($P > 0,05$) entre genótipo e dieta para nenhuma variável avaliada de consumo e digestibilidade de nutrientes. No entanto, isoladamente, houve efeito para genótipo e dieta ($P < 0,05$) apenas para o CMS em gramas por dia e de dieta para CMS em gramas por unidade de tamanho metabólico (Tabelas 4 e 5).

Tabela 4 – Consumo de nutrientes de ovinos Santa Inês (SI) e Morada Nova (MN) alimentados com farelo de mamona em substituição ao farelo de soja

(continua)

Variável	Genótipo (G)			Dieta (D)		EPM	P Valor		
	SI	MN	FS	FMI	FMP		Genótipo	Dieta	G*D
CMS (g/dia)	1154,83 _A	1009,83 _B	1216,94 _a	1039,25 _{ab}	990,80 _b	6,4659	0,0418	0,0294	0,8492
CMS (%PC)	4,27	4,20	4,57	4,22	3,92	0,0210	0,7174	0,0727	0,9937
CMS (g/UTM)	97,43	92,84	103,75 _a	93,88 _{ab}	87,78 _b	0,4744	0,3601	0,0475	0,9641
CPB (g/dia)	166,04 _A	145,47 _B	175,75 _a	149,30 _b	141,90 _b	0,8692	0,0310	0,0150	0,8207
CPB (%PC)	0,61	0,60	0,66 _a	0,61 _{ab}	0,56 _b	0,0028	0,7216	0,0412	0,9877

Tabela 4 – Consumo de nutrientes de ovinos Santa Inês (SI) e Morada Nova (MN) alimentados com farelo de mamona em substituição ao farelo de soja

									(conclusão)
CPB (g/UTM)	14,01	13,40	15,00 _a	13,50 _{ab}	12,60 _b	0,0638	0,3390	0,0241	0,9509
CEE (g/dia)	50,80 _A	44,36 _B	54,24 _a	44,65 _b	43,80 _b	0,2830	0,0385	0,0142	0,7238
CEE (%PC)	0,19	0,18	0,20 _a	0,18 _{ab}	0,17 _b	0,0009	0,7144	0,0491	0,9177
CEE (g/UTM)	4,28	4,07	4,62 _a	4,04 _{ab}	3,88 _b	0,0212	0,3592	0,0280	0,8540
CFDN (g/dia)	422,95	364,83	441,31 _a	391,01 _a	349,26 _b	2,7168	0,0518	0,0471	0,9054
CFDA (g/%PC)	0,71	0,70	0,78 _a	0,73 _a	0,60 _b	0,0041	0,6671	0,0108	0,9885
CFDA (g/UTM)	16,14	15,27	17,50 _a	16,21 _{ab}	13,41 _b	0,0944	0,3797	0,0091	0,9628

Fonte: elaborada pela autora⁴.

⁴ EPM, erro padrão da média; FS, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado; CMS (g/dia), consumo de matéria seca; CMS (%PC), consumo de matéria seca em porcentagem de peso corporal; CMS (g/UTM), consumo de matéria seca por unidade de tamanho metabólico; CPB, consumo de proteína bruta; CEE, consumo de extrato etéreo; CFDN, consumo de fibra em detergente neutro; CFDA, consumo de fibra em detergente ácido. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas linhas (comparando as dietas) e maiúsculas nas linhas (comparando genótipos) diferem entre si pelo teste de Tukey $P < 0,05$.

Maior CMS (g/dia) foi obtido para os ovinos da raça Santa Inês, enquanto o CMS em %PC e g/UTM foi semelhante entre os dois genótipos. O CMS de ovinos está diretamente relacionado com seu peso corporal e ganho médio diário (INRA, 2018), sendo fator determinante no aporte de nutrientes necessários para o atendimento das exigências de manutenção e de ganho de peso dos animais (SNIFFEN *et al.*, 1993). Os animais Santa Inês apresentaram maior CMS comparado aos animais da raça Morada Nova, o que justifica o seu maior PCf e GMD (Tabela 6). Porém, quando aplicamos as variáveis CMS em %PC e g/UTM, não houve diferença, pois independentemente da raça ou espécie animal, há um limite no consumo de matéria seca em relação ao peso corporal (PEREIRA *et al.*, 2018).

Ovinos alimentados com a dieta FS apresentaram maior CMS (g/dia e g/UTM). Isso pode estar relacionado com uma maior palatabilidade do farelo de soja em relação aos farelos de mamona (POMPEU *et al.*, 2012). O CMS em %PC não apresentou diferença para dieta, visto que está diretamente relacionado com o PCf que também não diferiu entre as dietas (Tabela 4).

Os consumos de PB e EE apresentaram a mesma resposta, obtendo diferenças entre genótipo para a variável expressa em g/dia e efeito para dieta em todas as variáveis, tendo os ovinos alimentados com a ração FS apresentado valores superiores aos ovinos que foram alimentados com a ração contendo o farelo de mamona peneirado, tendo os ovinos alimentados com o farelo de mamona integral apresentado resposta intermediária, o que condiz com os resultados obtidos no desempenho dos animais (Tabela 6). Essa resposta se deve ao maior de consumo de matéria seca observado nos ovinos alimentados com essa ração. Os ovinos alimentados com rações com farelo de soja ou farelo de mamona integral apresentaram maior CFDN, quando expresso em gramas por dia, do que aqueles alimentados com rações contendo o farelo de mamona peneirado. No entanto, não houve diferença entre genótipo, provavelmente, devido ao fator de regulação de consumo do animal. Consequentemente, o mesmo comportamento foi observado para o CFDA em gramas por dia. Existem vários fatores envolvidos no controle da ingestão de alimentos, sendo um deles o físico que está associado à capacidade de distensão do rúmen e do teor de fibra da ração (MERTENS, 1994).

A digestibilidade aparente dos nutrientes e o valor de nutrientes digestíveis totais (NDT) não apresentaram diferença e nem efeito de interação ($P > 0,05$) para genótipo e dieta (Tabela 5).

Tabela 5 – Digestibilidade aparente dos nutrientes na dieta de ovinos Santa Inês (SI) e Morada Nova (MN) alimentados com farelo de mamona em substituição ao farelo de soja

Variável	Genótipo (G)		Dieta (D)			EPM	P- Valor		
	SI	MN	FS	FMI	FMP		Genótipo	Dieta	G*D
DAMS (g/kg MSi)	514,3	499,0	512,5	513,9	493,7	0,1736	0,4069	0,5977	0,9726
DAPB (g/kg Msi)	552,0	520,9	509,5	548,0	551,8	0,2945	0,2762	0,4049	0,1820
DAEE (g/kg Msi)	671,1	661,7	639,1	668,6	691,6	0,3635	0,7905	0,4859	0,2782
DAFDN (g/kg Msi)	385,8	342,8	376,0	335,0	381,9	0,2809	0,1169	0,3025	0,1492
NDT (g/kg Msi)	703,6	692,4	678,0	703,3	713,0	0,1614	0,4390	0,1413	0,0538

Fonte: elaborada pela autora⁵.

A digestibilidade dos nutrientes não apresentou diferenças, corroborando com a hipótese das dietas serem isoproteicas e isofibrasas. De acordo com Van Soest (1994), a digestibilidade avalia, de forma qualitativa, os alimentos quanto ao seu valor nutritivo, demonstrando a quantidade percentual de cada nutriente do alimento que pode ser aproveitada pelo animal, podendo justificar de 10 a 40% do desempenho animal, que é dependente da ingestão de nutrientes digestíveis e metabolizáveis (MERTENS, 1994). Portanto, a não significância para esses resultados está diretamente relacionada com os dados obtidos de desempenho, os quais não apresentaram diferenças entre as dietas, somente para os genótipos (Tabela 6). Os valores dos nutrientes digestíveis totais (698,10 g/kg Msi) (Tabela 5) foi acima dos valores obtidos por Pompeu *et al.* (2012) (659,00 g/kg MSI), ao avaliarem a inclusão da torta de mamona destoxificada pelo método de autoclavagem, o que condiz com a relação volumoso:concentrado utilizada nesse estudo. Essas diferenças podem estar relacionadas com a superioridade do produto do presente estudo em comparação a outros tipos de utilização dos subprodutos oriundos da cadeia produtiva da extração do óleo de mamona.

⁵ EPM, erro padrão da média; FS, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado; Msi, matéria seca ingerida; DAMS, digestibilidade aparente da matéria seca; NDT, nutrientes digestíveis totais, estimado de acordo com Sniffen *et al.* (1992).

4.2 Desempenho de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas

O peso corporal inicial (Pci) e a conversão alimentar (CA) não apresentaram diferença ($P > 0,05$) para genótipo e dieta (Tabela 6). O genótipo influenciou ($P < 0,05$) o peso corporal final (PCf), o ganho de peso total (GPT), o ganho médio diário (GMD) e o número de dias para ganhar 12 kg (D12). Os animais Santa Inês apresentaram maiores valores para PCf, GPT e GMD, enquanto que os ovinos Morada Nova apresentaram maior D12. Nenhuma das variáveis de desempenho apresentou efeito de interação ($P > 0,05$) entre genótipo e dieta.

Tabela 6 – Desempenho de ovinos Santa Inês (SI) e Morada Nova (MN) alimentados com farelo de mamona em substituição ao farelo de soja

Variável	Genótipo (G)			Dieta (D)		EPM	P Valor		
	SI	MN	FS	FMI	FMP		G	D	G*D
Pci (Kg)	19,81	18,07	19,86	18,11	18,84	0,0856	0,0627	0,2858	0,8018
PCf (Kg)	34,25 _A	29,94 _B	33,50	31,19	31,60	0,1073	0,0009	0,2074	0,6984
GPT (Kg)	14,44 _A	11,87 _B	13,64	13,07	12,76	0,0593	0,0004	0,4897	0,6518
GMD (g/dias)	215,25 _A	170,99 _B	203,91	191,14	184,31	1,0509	0,0006	0,3408	0,8334
D12 (dias)	56,78 _B	71,04 _A	60,72	64,42	66,58	0,3345	0,0006	0,3883	0,8542
CA	4,52	4,93	4,98	4,71	4,48	0,0271	0,1445	0,3793	0,8851

Fonte: elaborada pela autora⁶.

⁶ EPM, erro padrão da média; FS, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado; Pci, peso corporal inicial; PCf, peso corporal final; GPT, ganho de peso total; GMD, ganho médio diário; D12, número de dias para ganhar 12kg; CA, conversão alimentar. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas linhas (comparando as dietas) e maiúsculas nas linhas (comparando genótipos) diferem entre si pelo teste de Tukey $P < 0,05$.

Os valores obtidos no estudo são semelhantes aos encontrados por Araújo Filho *et al.* (2010) ao avaliarem o desempenho de cordeiros deslanados, evidenciaram o maior ganho de peso total do genótipo Santa Inês comparado ao Morada Nova. O peso corporal inicial para a entrada de ovinos no sistema de confinamento de 18 a 20 kg é considerado satisfatório tendo em vista que ovinos geralmente entram na fase de terminação com esse peso e são abatidos ao atingirem a média de 30 kg (COSTA *et al.*, 2011). Com base nessas informações, foi elaborada a variável D12, que está relacionado à razão entre 12 kg e o ganho médio diário, obtendo assim a quantidade de dias para os animais atingirem um ganho de peso corporal de 12 kg. Diante disso, pode-se avaliar que a variável possui relação direta com a viabilidade do sistema.

A resposta verificada para a variável D12 ressalta que ovinos da raça Morada Nova apresentam menor taxa de ganho em comparação à raça Santa Inês, necessitando de 14 dias a mais para ganhar 12 kg. Melhor resultado econômico foi observado por Vidal *et al.* (2004) ao avaliar economicamente o confinamento de ovinos Santa Inês, onde estabeleceu que 65 dias de confinamento seria o ideal para atingir 30kg, sendo que a partir desse ponto a receita líquida foi decrescente chegando a zero aos 129 dias de confinamento. Nesse caso, o produtor terá tempo hábil para comercializar o animal, minimizando o risco de prejuízo, pois se torna menos sujeito às condições de mercado e possibilita o aumento de lotes por ano (VIDAL *et al.*, 2004). Portanto, os ovinos da raça Santa Inês seriam mais eficientes no sistema de produção, pois viabilizariam o sistema mais facilmente, proporcionando maior rapidez para serem abatidos e maior número de lotes ao ano em comparação aos ovinos da Morada Nova.

Segundo Pereira (2017), os ovinos da raça Santa Inês são mais precoces ao abate em comparação aos ovinos da raça Morada Nova. Isso pode ser justificado através da dinâmica de deposição de tecidos dos animais, que podem variar de acordo com a classe sexual, idade dos animais e entre genótipos (OWENS *et al.*, 1995; NRC, 2007). De acordo Huidobro *et al.* (2000), o genótipo é capaz de determinar a velocidade com que os tecidos se desenvolvem no organismo animal, o que justifica a diferença entre genótipos. Entretanto, a semelhança para dieta demonstra que as rações contendo farelo de mamona (não peneirado e peneirado) não afetaram o desempenho dos ovinos em relação ao tratamento controle (FS).

4.3 Parâmetros sanguíneos de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas

Não houve efeito de interação ($P > 0,05$) entre genótipo e dieta e nem efeito ($P > 0,05$) de dieta para os parâmetros sanguíneos avaliados. Houve efeito de dieta ($P < 0,05$) apenas para a variável Ureia. A dieta FMP propiciou maior nível de ureia no plasma sanguíneo que as demais dietas (Tabela 7).

Tabela 7 – Parâmetros sanguíneos de ovinos Santa Inês (SI) e Morada Nova (MN) alimentados com diferentes fontes proteicas

(continua)

Variável	Genótipo (G)		Dieta (D)			EPM	P Valor		
	SI	MN	FS	FMI	FMP		G	D	G*D
Creatinina (mg/dl)	0,88	0,94	0,91	0,92	0,89	0,0043	0,1375	0,7957	0,6397
Proteína total (g/dl)	6,26	5,95	6,06	6,28	5,98	0,0160	0,0595	0,2841	0,2671
Ureia (mg/dl)	34,75	33,08	31,38 _b	31,63 _b	38,75 _a	0,2600	0,5230	0,0494	0,4197
Bilirrubina total (mg/dl)	0,13	0,17	0,16	0,17	0,14	0,0025	0,1544	0,5883	0,2790
Bilirrubina direta (mg/dl)	0,08	0,10	0,11	0,09	0,07	0,0018	0,1382	0,1188	0,3202
Bilirrubina indireta (mg/dl)	0,06	0,08	0,06	0,08	0,07	0,0024	0,3445	0,9099	0,7678
ALT (UI/L)	53,92	36,83	49,88	43,38	42,88	0,8362	0,0570	0,7530	0,6072
AST (UI/L)	188,08	181,08	175,75	203,00	175,00	1,6484	0,6838	0,3279	0,8837
FA (UI/L)	924,50	867,16	907,75	959,88	819,88	17,6992	0,7361	0,7906	0,2069

Tabela 7 – Parâmetros sanguíneos de ovinos Santa Inês (SI) e Morada Nova (MN) alimentados com diferentes fontes proteicas

	(conclusão)								
Gama glutamil transferase (UI/L)	64,40	65,83	61,44	66,16	67,72	0,3501	0,6916	0,3516	0,8667

Fonte: elaborada pela autora⁷.

Os parâmetros sanguíneos avaliados caracterizam o perfil hepático ou proteico dos animais. Os valores de creatinina se apresentaram no intervalo relatado por Silva *et al.* (2020), 0,4 a 1,7 mg/dl, sendo que essas dosagens permitem observar a ausência de danos no funcionamento renal. Os valores obtidos para a variável proteína total (PT) estão dentro do intervalo citado por Kaneko *et al.* (2008), 6 a 7,9 g/Dl, e por Silva *et al.* (2020), variando de 3,1 a 10,7 g/dl. A concentração de proteínas totais no sangue proporciona a visualização da condição nutricional do animal (WITTEWER, 2000), indicando que não houve deficiência proteica nas dietas experimentais.

O processo industrial pode ter ocasionado a reação de *Maillard*, tornando a fração nitrogenada menos disponível ao nível ruminal. Sendo assim, a maior concentração de ureia no plasma sanguíneo dos ovinos alimentados com a ração contendo FMP é justificada pelo aumento na reciclagem de nitrogênio, o que evidencia o mecanismo de conservação de nutrientes desencadeado pelos ruminantes em dietas com menor disponibilidade da fração nitrogenada, onde, quanto menor a disponibilidade de amônia do rúmen, maior será a concentração de ureia no plasma sanguíneo (OWENS; ZINN, 1988).

Diferente do comportamento apresentado pelos ovinos alimentados com a ração contendo FMP, os animais submetidos à dieta FMI não apresentaram aumento da concentração de ureia no plasma sanguíneo. Esse fato pode ser justificado pelo alto teor de fibra deste ingrediente (Tabela 2), o que pode ter elevado o tempo de retenção do alimento no rúmen propiciando maior aproximação à sua degradação potencial. O FMP apresentou redução no tamanho de partículas devido ao peneiramento, o que pode ter ocasionado o aumento na taxa de passagem desse ingrediente no rúmen e conseqüentemente levando ao menor tempo de retenção, diminuindo a possibilidade para degradação ruminal (SANTOS; PEDROSO, 2011). Portanto, infere-se que mesmo o FMP tendo alto teor proteico, a

⁷ EPM, erro padrão da média; FS, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado. AST, aspartato aminotransferase; ALT, alanina aminotransferase; FA, fosfatase alcalina. Médias seguidas de letras diferentes minúsculas nas linhas (comparando as dietas) e maiúsculas nas linhas (comparando genótipos) diferem entre si pelo teste de Tukey $P < 0,05$.

biodisponibilidade dessa proteína para o animal é baixa, devendo-se ter cautela ao se recomendar essa fonte alternativa de proteína.

A bilirrubina total está dentro do intervalo proposto por Kaneko *et al.* (2008) para ovinos (0,1 a 0,5 mg/dl). Segundo Araújo *et al.* (2020), a bilirrubina é uma enzima hepática que está relacionada à renovação de hemácias e a normalidade dos seus valores indica que não houve problemas hepáticos. Para a identificação de um evento de toxemia capaz de causar lesões hepáticas os principais indicativos podem ser o aumento da atividade plasmática de enzimas hepáticas, bem como aumento de bilirrubina (total e direta) (GONZÁLEZ; SILVA, 2008). A média dos valores obtidos para essas variáveis, 0,09 e 0,07 mg/dl, respectivamente, estão dentro do intervalo indicado por Kaneko *et al.* (2008) de 0,0-0,27 mg/dl.

A média dos parâmetros AST e ALT estão acima dos valores recomendados por Kaneko *et al.* (2008), que variam de 4 a 19 UI/L e de 0 a 90 UI/L, respectivamente. No entanto, os dados registrados na literatura corroboram a hipótese de que os valores definidos pelos autores supracitados, não se adequam à realidade dos ovinos em condições tropicais (SILVA *et al.*, 2020). De acordo com Menezes *et al.* (2012), quando os valores de AST e ALT encontram-se dentro da normalidade, não há indício de danos hepáticos nos animais.

A fosfatase alcalina (FA) é uma enzima que pode ser encontrada em todo o organismo animal, contudo se concentra nos tecidos hepático, renal, ósseo, intestinal e placenta (KREUTZER *et al.*, 2008). O valor médio obtido nesse estudo para FA (895,8 UI/L) (Tabela 7) ficou ligeiramente acima dos valores reportados por Silva *et al.* (2020) avaliando um banco de dados obtido a partir de diferentes estudos com ovinos no Brasil (49 a 826,9 UI/L), indicando que podem ocorrer variações sem caracterizar danos hepáticos. Os animais deste estudo encontravam-se em fase de crescimento, o que pode justificar os valores mais elevados dessa variável devido ao desenvolvimento dos tecidos (VARANIS, 2018).

A gama glutamil transferase encontrada no soro sanguíneo também é de origem hepática, podendo ser outro indicativo de algum distúrbio quando encontrada em maiores concentrações (KANEKO *et al.*, 2008). Os valores encontrados no presente estudo estão dentro do intervalo descrito por Varanis (2018), de 31 a 154 UI/L, indicando normalidade nos resultados obtidos no presente estudo, com média de 65,11 UI/L. Já o valor de albumina está associado ao perfil proteico dos animais, onde esta é a proteína mais abundante no plasma, constituindo cerca de 50% da proteína sérica total, sendo sintetizada no fígado, conseqüentemente, suas concentrações podem ser afetadas pelo funcionamento hepático (GONZÁLEZ; SILVA, 2008; KANEKO *et al.*, 2008). Os valores de albumina obtidos nesse

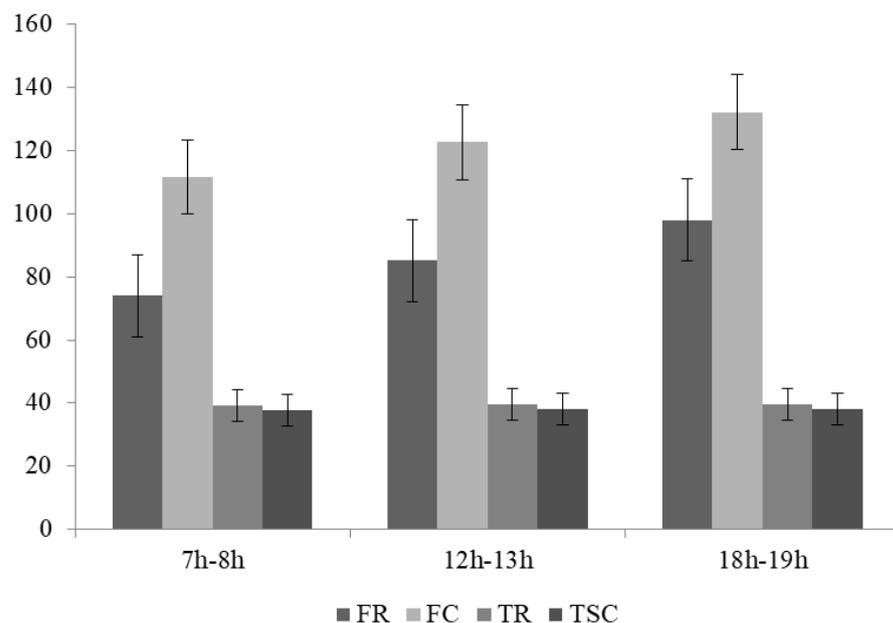
estudo encontram-se no intervalo obtido por Silva *et al.* (2020) (1,1-5,2 g/dl), com média observada no presente estudo de 4,19 g/dl.

A normalidade dos resultados obtidos na avaliação dos parâmetros sanguíneos sugere que a utilização do farelo de mamona industrialmente destoxificado como ingrediente em rações completas, não ocasiona toxidez nos ovinos.

4.4 Parâmetros fisiológicos de ovinos alimentados com diferentes fontes proteicas

Não houve efeito de interação ($P > 0,05$) entre genótipo e dieta, nem efeito ($P > 0,05$) de dieta e nem de genótipo ($P > 0,05$) para os parâmetros fisiológicos avaliados (Figura 3).

Figura 3 – Média dos parâmetros fisiológicos de ovinos da raça Morada Nova e Santa Inês alimentados com diferentes fontes proteicas



Fonte: elaborada pela autora.

O ambiente e a dieta influenciam a produção de calor nos ruminantes, de modo que tanto a quantidade quanto a qualidade dos alimentos interferem na produção de calor endógeno, com conseqüente variação nos parâmetros fisiológicos (BACCARI JUNIOR, 2001). Animais com respiração acelerada, por exemplo, podem diminuir a ingestão de alimentos e apresentarem um gasto de energia maior que poderia ser mobilizada para processos metabólicos e produtivos (VIEIRA *et al.*, 2016).

De acordo com Cunningham (2004), a temperatura retal considerada normal em ovinos varia de 38,5 a 39,9 °C e diversos fatores podem causar variações na temperatura corporal, dentre eles idade, sexo, estação do ano, período do dia, exercício, ingestão e digestão de alimentos. Neiva *et al.* (2004), ao avaliarem a temperatura retal e a frequência respiratória de ovinos Santa Inês sob diferentes níveis de concentrado na dieta, obtiveram valores de 39,2 °C e 71 rpm, respectivamente, para dietas com 70% de concentrado, valores que se assemelham ao encontrado no presente trabalho nas avaliações realizadas no horário de 7h às 8h da manhã. Assim, os valores da temperatura retal estiveram dentro da faixa de normalidade preconizada para ovinos.

Todos os valores registrados para frequência cardíaca estavam acima da normalidade para ovinos que, segundo Silva *et al.* (2020), deve oscilar entre 70 e 80 batimentos cardíacos por minuto, porém isso pode estar relacionado com o estresse dos animais na própria obtenção dessa variável, visto que eles ficavam mais agitados com a presença de manejadores e observadores nas baias.

Os valores dos parâmetros fisiológicos avaliados não diferiram dos dados encontrados na literatura para ovinos adaptados ao clima tropical, exceto a variável de frequência cardíaca que se apresentou alta para os ovinos alimentados com todas as rações, demonstrando que as dietas contendo farelo de mamona não interferiram no funcionamento dos mecanismos homeostáticos dos animais quando comparada com a dieta controle (FS).

4.5 Eficiência econômica de sistemas contendo ovinos alimentados com diferentes fontes proteicas

As estimativas dos custos de investimento inicial foram iguais para todos os sistemas de produção (Tabela 8) (US\$ 10.981,75), objetivando a venda dos animais com base no peso corporal. Tanto o valor dos currais quanto os custos de investimento foram obtidos de acordo com o preço de mercado da região.

Tabela 8- Custo de investimento com o confinamento de ovinos Santa Inês e Morada nova

Investimento	US\$
Currais	7.448,79
Depósito e centro de manejo	1.862,20
Bebedouros	45,03
Trituradora/picadora	730,36
Balança móvel	372,44
Subtotal	10.458,81
Outros ⁸	522,94
TOTAL	10.981,75

Fonte: elaborada pela autora.

O sistema que obteve o maior custo operacional efetivo (COE) foi do genótipo Santa Inês alimentado com a ração contendo como fonte proteica o farelo de soja (FS) (US\$ 56.792,11) (Tabela 9). O valor mais elevado do COE para esse sistema pode ser justificado devido à necessidade de maior desembolso para a aquisição de mais animais por ano. Por outro lado, os custos com mão de obra foram iguais para todos os sistemas, pois foi determinado um funcionário fixo por lote.

Tabela 9 – Custo Operacional Efetivo (COE) do confinamento de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas

(continua)

Item do custeio (Preço total US\$/ ano)	MN			SI		
	FS	FMI	FMP	FS	FMI	FMP
Mão de Obra	2.458,10	2.458,10	2.458,10	2.458,10	2.458,10	2.458,10
Alimentação dos Animais	21.304,07	19.594,05	17.935,11	20.651,21	19.160,41	17.466,73
Operacionalização de Máquinas e Equipamentos	1.359,65	1.359,65	1.359,65	1.359,65	1.359,65	1.359,65
Materiais diversos	696,48	638,81	642,69	837,21	811,27	764,02
Medicamentos	340,18	312,02	313,91	408,92	396,25	373,17

⁸ Outros custos referentes a 5% dos investimentos. Custos de investimento para o confinamento de 200 animais por lote.

Tabela 9 – Custo Operacional Efetivo (COE) do confinamento de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas

(conclusão)						
Energia Elétrica	85,29	81,73	74,56	85,29	83,15	74,56
Compra de Animais	25.782,32	23.647,53	23.791,18	30.991,73	30.031,46	28.282,60
Custo Operacional Efetivo	52.026,09	48.091,89	46.575,21	56.792,11	54.300,28	50.778,84
Itens do custeio (% Custeio/Ano)	MN			SI		
	FS	FMI	FMP	FS	FMI	FMP
Mão de Obra	4,72	5,11	5,28	4,33	4,53	4,84
Alimentação dos Animais	40,95	40,74	38,51	36,36	35,29	34,40
Operacionalização de Máquinas e Equipamentos	2,61	2,83	2,92	2,39	2,50	2,68
Materiais diversos	1,34	1,33	1,38	1,47	1,49	1,50
Medicamentos	0,65	0,65	0,67	0,72	0,73	0,73
Energia Elétrica	0,16	0,17	0,16	0,15	0,15	0,15
Compra de Animais	49,56	49,17	51,08	54,57	55,31	55,70
Total	100	100	100	100	100	100

Fonte: elaborada pela autora⁹.

O COE também foi expresso em termos percentuais (Tabela 9), em que é possível observar que a maior parte dos custos de produção são referentes à alimentação e à compra de animais, cujo somatório dos dois resulta em aproximadamente 90% das despesas em todos os sistemas de produção avaliados. A partir desses dados, é possível visualizar em quais pontos o sistema torna-se vulnerável.

Como dito anteriormente, os valores mais elevados de COE foram obtidos para o sistema contendo animais do genótipo Santa Inês alimentados com a ração contendo como fonte proteica o farelo de soja, porém, quando se considera a razão do COE por cada

⁹ MN, sistema com ovinos da raça Morada nova; SI, sistema com ovinos da raça Santa Inês; FS, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado.

quilograma de peso corporal, os maiores valores são oriundos dos sistemas contendo o genótipo Morada Nova (Tabela 10), o que pode estar relacionado com a menor obtenção de quilograma de peso corporal ao ano. O mesmo comportamento foi obtido nos custos operacionais totais (COT), visto que essa variável é oriunda do somatório do COE com outros custos, como com assistência técnica, depreciação de máquinas e instalações. Conseqüentemente, os custos totais (CT) dos sistemas apresentaram o mesmo comportamento do COE e do COT.

O CT é resultado do somatório do COT com os outros custos fixos, como a remuneração do capital fixo em instalações e maquinarias. Outro fator que pode afetar o CT é a quantidade do número de lotes ao ano, em que foram obtidos mais lotes no sistema com ovinos Santa Inês alimentados com concentrado contendo farelo de soja, totalizando 5,78 lotes por ano (Tabela 10). A quantidade de lotes variou em função dos dias de confinamento, que aumentam quanto menor for o ganho médio diário dos animais. Visto que o custo com as instalações no confinamento é elevado, o tempo que os animais estarão presentes no sistema tem grande impacto no custo total de produção. O ganho de peso e o tempo de confinamento são inversamente proporcionais, sendo assim, a partir de um dado período, a permanência dos animais acarretará, para cada unidade de tempo, uma redução no peso que corresponde ao valor desse parâmetro (VIDAL *et al.*, 2004). Portanto, com o aumento de lotes ao ano, também ocorre o aumento do custo total de produção (em dólares por ano).

Tabela 10 – Indicadores econômicos do confinamento de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas

(continua)

Indicador econômico	MN			SI		
	FS	FMI	FMP	FS	FMI	FMP
Número de animais/lote	200	200	200	200	200	200
Número de dias da atividade	365,04	365,04	365,04	365,04	365,04	365,04
Número de lotes	4,81	4,41	4,44	5,78	5,60	5,27
Preço mínimo viável de venda (US\$/kg de peso corporal)	1,96	1,99	1,92	1,77	1,75	1,75
COE (US\$/ano)	52.026,09	48.091,89	46.575,21	56.792,11	54.300,28	50.778,84
COT (US\$/ano)	54.738,27	50.804,07	49.287,39	59.504,29	57.012,46	53.491,02

Tabela 10 – Indicadores econômicos do confinamento de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas

(conclusão)

Custo total (US\$/ano)	55.424,63	51.490,43	49.973,75	60.190,65	57.698,82	54.177,38
Relação benefício/ custo anual (US\$/US\$)	1,03	1,02	1,06	1,14	1,16	1,16
Renda Bruta (US\$)	57.311,95	52.566,50	52.885,82	68.892,04	66.757,44	62.869,86
Margem Bruta (US\$/ano)	5.285,86	4.474,61	6.310,61	12.099,93	12.457,16	12.091,02
Margem Líquida (US\$/ano)	2.573,68	1.762,43	3.598,43	9.387,75	9.744,98	9.378,84
Lucro (US\$/ano)	1.887,32	1.076,07	2.912,07	8.701,39	9.058,62	8.692,48
COE (US\$/kg de peso corporal)	1,80	1,82	1,75	1,64	1,62	1,60
COT (US\$/kg de peso corporal)	1,90	1,92	1,85	1,72	1,70	1,69
Custo total (US\$/kg de peso corporal)	1,92	1,95	1,88	1,74	1,72	1,71
Margem Bruta (US\$/kg de peso corporal)	0,18	0,17	0,24	0,35	0,37	0,38
Margem líquida (US\$/kg de peso corporal)	0,09	0,07	0,14	0,27	0,29	0,30
Lucro (US\$/kg de peso corporal)	0,07	0,04	0,11	0,25	0,27	0,27

Fonte: elaborada pela autora¹⁰.

O menor preço de venda por quilograma de peso corporal para viabilidade econômica foi do sistema com ovinos Santa Inês alimentados com o farelo peneirado (US\$ 1,75). Esse valor está relacionando ao menor preço de venda possível para que o produtor

¹⁰ MN, sistema com ovinos da raça Morada nova; SI, sistema com ovinos da raça Santa Inês; FS, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado.

venda os animais, pagando as despesas, mas sem obter lucro. Porém, vale ressaltar que o valor adotado para o preço desse farelo não conta com os custos adicionais do peneiramento, sendo considerado o custo de oportunidade para obtenção do farelo de mamona peneirado o mesmo para o farelo de mamona integral, de US\$ 0,17/kg de farelo.

O sistema que apresentou maior renda bruta (RB) também foi com os ovinos Santa Inês alimentados com a ração contendo como fonte proteica o farelo de soja, visto que a renda bruta é obtida através da multiplicação da quantidade total de peso corporal produzido pelo seu preço unitário de venda. Entretanto, quando aplicada a relação benefício/custo, obteve-se maiores valores para os sistemas com os ovinos da raça Santa Inês alimentados com FMI e FMP, ambos com 1,16. A relação benefício/custo representa o retorno econômico por cada unidade de investimento, ou seja, ela expressa em reais a receita obtida por cada real investido. Dessa forma, quanto maior a relação, mais atrativa é a atividade para o investidor (ANDRADE *et al.*, 2018).

O sistema que resultou em uma maior margem bruta (MB) anual foi com animais Santa Inês alimentados com o farelo integral (Tabela 10). A MB é obtida pela diferença entre a RB e o COE, por meio dela é possível visualizar se o sistema conseguirá sobreviver pelo menos a curto prazo, considerando que, se for um valor positivo, o sistema está sendo remunerado, porém, se negativo, trataria de um sistema antieconômico. Portanto, nenhum dos sistemas avaliados caracterizou-se como antieconômico.

Já a margem líquida (ML) é obtida através da diferença entre a RT e o COT. Nesse caso, é analisada a estabilidade do sistema, sendo caracterizado como economicamente estável se obter valores positivos. O maior valor obtido para esta variável econômica também foi para o sistema com os animais Santa Inês alimentados com ração contendo como fonte proteica o FMI (US\$ 9.744,98).

O maior lucro ao ano foi obtido através da subtração da renda bruta pelos custos totais de produção, cujo sistema que obteve o maior valor foi com ovinos da raça Santa Inês alimentados com concentrado contendo o farelo integral (US\$ 9.058,62). É possível avaliar com essa variável se o sistema alcançou lucro (valor maior que zero) ou prejuízo (valor menor que zero) (ANDRADE *et al.*, 2018).

Realizando a análise de sensibilidade dos sistemas para um horizonte de 10 anos (Tabela 11), observou-se uma maior taxa interna de retorno (TIR) para o sistema com ovinos da raça Santa Inês alimentados com concentrado contendo FMI (71,75%), o mesmo comportamento relatado anteriormente para as variáveis MB, ML e lucro. Portanto, a TIR expressa percentualmente o retorno econômico em relação ao que foi investido e ainda não

recuperado do sistema, ou seja, é o percentual que expressa a rentabilidade anual média do capital direcionado para o sistema durante todo o horizonte de análise.

O maior valor presente líquido (VPL) foi obtido para os sistemas com ovinos da raça Santa Inês, destacando-se o sistema com ovinos alimentados com rações contendo FMI (Tabela 11). O valor presente líquido demonstra o valor atual de um investimento, bem como a sua rentabilidade, de forma que, se for positivo, o investimento é rentável, e sendo negativo, não é rentável (BRITO NETO, 2020).

Tabela 11 – Análise de sensibilidade do confinamento de ovinos Santa Inês e Morada Nova alimentados com diferentes fontes proteicas (horizonte de 10 anos) para venda de peso corporal

Variável	MN			SI		
	FS	FMI	FMP	FS	FMI	FMP
Taxa de remuneração do capital investido %	23,44	16,05	32,77	85,48	88,74	85,40
Taxa Interna de Retorno	10,29%	3,34%	19,08%	68,69%	71,75%	68,62%
Relação Benefício Custo	1,02	1,01	1,04	1,13	1,14	1,14
Valor Presente Líquido	8.735,38	2.834,62	16.189,12	58.298,86	60.897,24	58.234,04

Fonte: elaborada pela autora¹¹.

¹¹ MN, sistema com ovinos da raça Morada nova; SI, sistema com ovinos da raça Santa Inês; FS, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de soja; FMI, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona integral; FMP, sistema com ovinos alimentados com ração contendo como fonte proteica no concentrado o farelo de mamona peneirado.

5 CONCLUSÃO

O farelo de mamona industrialmente destoxificado pode ser utilizado como substituto ao farelo de soja em rações para diferentes raças de ovinos, visto que a dieta contendo o farelo de mamona não afetou o desempenho dos ovinos nem causou toxidez aos animais.

Através da análise econômico-financeira do uso do farelo de mamona, concluiu-se que os sistemas contendo os ovinos da raça Morada Nova foram menos rentáveis em comparação aos sistemas com animais da raça Santa Inês. O sistema que apresentou maior lucro, taxa interna de retorno e valor presente líquido foi aquele com os ovinos da raça Santa Inês alimentados com ração contendo como fonte proteica o farelo de mamona integral, demonstrando que esse ingrediente pode substituir a soja como fonte proteica na ração desses animais, trazendo bom retorno ao sistema de produção.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, J. *et al.* Ricin (from *Ricinus communis*) as undesirable substances in animal feed, Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. **The European Food Safety Authority Journal**, v. 2008, p. 1–38, 2008.
- AMBEKAR, V. R.; DOLE, K. K. Detoxication of castor cake. **Indian Journal of Dairy Science**, v. 10, p. 107-122, 1957.
- AN, X. P. *et al.* Rational design of sustainable polyurethanes from castor oil: towards simultaneous reinforcement and toughening. **Science China Materials**, v. 61, p. 993-1000, 2018.
- ANANDAN, S. *et al.* Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, Missouri, v. 120, p. 159-168, 2005.
- ANDRADE, I. R. A. *et al.* Viabilidade Econômica de Ovinos Terminados em Sistema de Confinamento Alimentados com Feno de Capim-Elefante Utilizando Farelo de Soja Como Fonte Protéica na Ração. **Revista Científica de Produção Animal**. v. 13, p. 150-155, 2011.
- ANDRADE, I. R. A. **Destoxificação da torta de mamona por produtos químicos alternativos**. 2015. Tese (doutorado em Zootecnia)-Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.
- ANDRADE, I. R. A. *et al.* Inactivation of lectins from castor cake by alternative chemical compounds. **Toxicon**, v. 160, p. 47-54, 2019.
- ANDRADE, I. R. A. *et al.* Metodologias para avaliação econômica de sistemas de produção agropecuários. **Archivos de Zootecnia**, v. 87, p. 610-620, 2018.
- AOAC. **Official Methods of Analysis**, 15th edn. Washington: Association of Official Analytical Chemists, 1990.
- ARAÚJO FILHO, J.T.D. *et al.* Desempenho e composição da carcaça de cordeiros deslançados terminados em confinamento com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, 363-371, 2010.
- ARAÚJO, R.A. *et al.* Feeding behavior and physiological parameters of rearing goats fed diets containing detoxified castor cake. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, p. 2247-2260, 2018.
- ARAÚJO, F. L. *et al.* Animal performance, ingestive behavior, and carcass characteristics of grazing-finished steers supplemented with castor bean (*Ricinus communis* L.) meal protein. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, p. 1-11, 2021.
- ASLANI, M. R. *et al.* Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. **Toxicon**, v. 49, p. 400-406, 2007.

AUDI, J. *et al.* Ricin poisoning a comprehensive review. **The Journal of the American Medical Association**, New York, v. 294, p. 2342-2351, 2005.

AULD, D. L.; ROLFE, R. D.; MCKEON, T. A. Development of castor with reduced toxicity. **Journal of New Seeds**, v. 3, p. 61-69, 2001.

BACCARI JUNIOR, F. **Manejo ambiental da vaca leiteira em climas quentes**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina. 2001. 142p.

BARBOSA, R. R. *et al.* Plantas tóxicas de interesse pecuário: importância e formas de estudo. **Acta Veterinaria Brasília**, v. 1, p. 1-17, 2007.

BATENI, H. *et al.* Castor plant for biodiesel, biogas, and ethanol production with a biorefinery processing perspective. **Applied energy**, v. 136, p. 14-22, 2014.

BENDAHAN, A.B. **Confinamento de Cordeiros - uma alternativa na ovinocultura**. Agronline.com.br. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/939097/1/amaury.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2022.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical biochemistry** v. 72, p. 248-254, 1976.

BRITO NETO, A. S. **Avaliação bioeconômica do confinamento de borregos Santa Inês abatidos em diferentes pesos**. 2020. Dissertação (mestrado em Zootecnia)-Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

CASALI, A. O. *et al.* Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 335-342, 2008.

CAVALCANTE, A. C. R.; WANDER, A. E.; LEITE, E. R. **Caprinos e ovinos de corte: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 241 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Quarto levantamento, janeiro 2019, v. 6, n. 4, 2019.

COSTA, R.G. *et al.* Características de carcaça de ovinos Santa Inês e Morada Nova abatidos com diferentes pesos. **Actas Iberoamericanas de Conservación Animal**, v. 1, p. 231-234, 2011.

COULSON, E. J.; SPIES, J. R.; STEVENS, H. The allergen content of castor beans and castor pomace. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 37, p. 657-661, 1960.

CUNNINGHAM, J. G. **Tratado de fisiologia veterinária**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan. 2004. 596 p.

- DINIZ, L. L. *et al.* Castor bean meal for cattle finishing: 1—Nutritional parameters. **Livestock Science**, v. 135, p. 153–167, 2011.
- FELIX, S. P. *et al.* Mapping IgE-binding epitopes of Ric c 1 and Ric c 3, allergens from *Ricinus communis*, by mast cell degranulation assay. **Peptides**, v. 29, p. 497-504, 2007.
- FURTADO, R. N. *et al.* Valor nutritivo de dietas contendo torta de mamona submetida a métodos alternativos de destoxificação para ovinos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, p. 155–162, 2012.
- GARLAND, T.; BAILEY, E. M. Toxins of concern to animals and people. **Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)**, v. 25, p. 341–351, 2006.
- GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Patologia clínica veterinária**: texto introdutório. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- HERBSTER, C. J. L. *et al.* Weight adjustment equation for hair sheep raised in warm conditions. **Animal**, v. 14, p. 1718-1723, 2020.
- HINKSON, J. W.; ELLIGER, C. A.; FULLER, G. The effect of ammoniation upon ricinine in castor meal. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 49, p. 196-199, 1972.
- HOFFMANN, R. *et al.* **Administração da empresa agrícola**. 3. ed. São Paulo: Pioneira, 1981.
- HORTON, J.; WILLIAMS, M. A., A cooker-extruder for deallergenation of castor bean meal. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 66, p. 227-231, 1989.
- HUIDOBRO, F. R. *et al.* Morfología de la canal ovina. In: CAÑEQUE, V.; SAÑUDO, C. (editores). **Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne em ruminantes**. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). 2000. p. 83-102.
- INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE-INRA. **Feeding System for Ruminants**. Wageningen: Academic Publishers, 2018.
- KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. New York: Academic press, 2008.
- KAUR, R. *et al.* Catalytic hydrothermal liquefaction of castor residue to bio-oil: Effect of alkali catalysts and optimization study. **Industrial Crops and Products**, v. 149, p. 112359, 2020.
- KREUZER, H. W.; WEST, J. B.; EHLERINGER, J. R. Forensic applications of lightelement stable isotope ratios of *Ricinus communis* seeds and ricin preparations. **Journal of Forensic Sciences**, v. 58 Suppl 1, p. 43-51, 2013.
- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Handbuch der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936.

- LEITE, A. C. *et al.* Isolamento do alcalóide ricinina das folhas de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) através de cromatografias em contracorrente. **Química Nova**, v. 28, p. 983-985, 2005.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347-358, 1996.
- LYNN, K. R.; CLEVETTE-RADFORD, N. A. Lectins from latices of Euphorbia and Elaeophorbia species. **Phytochemistry**, v. 25, p. 1553-1557, 1986.
- MATA, T. M. *et al.* A. Sustainability considerations of biodiesel based on supply chain analysis. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 13, p. 655-671, 2011.
- MAYERHOFFER, R. D. O. **Identificação de peptídeos alergênicos de Albumina 2S de Ricinus communis (Mamona)**. Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas) – Centro de Biociências e Biotecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Rio de Janeiro Brasil, 2004.
- PEREIRA, M. W. F. **Exigências de energia e proteína para manutenção e ganho em ovinos morada nova de diferentes classes sexuais em confinamento**. 2017. Tese (doutorado em Zootecnia)-Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.
- MENEZES, D. R. *et al.* Blood, liver and rumen parameters of sheep fed diets containing detoxified castor bean meal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**. v. 47, p. 103-110, 2012.
- MERTENS, D. R.; MOSER, L. E. **Forage quality, evaluation and utilization**. Regulation of forage intake. FAHEY JR, G. C., ed. American Society of Agronomy, p. 450-493, 1994.
- MERTENS, D. R. *et al.* Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feed with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, p. 1217-1240, 2002.
- MOHAMED, M. H.; MURSY, H. M. Improving quantity and quality of castor bean oil for biofuel growing under severe conditions in Egypt. **Energy Procedia**, v. 68, p. 117-121, 2015.
- MUTLU, H.; MEIER, M. A. R. Castor oil as a renewable resource for the chemical industry. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 112, p. 10-30, 2010.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**. Washington: National Academies Press, 2007.
- NEIVA, J. N. M. *et al.* Efeito do estresse climático sobre os parâmetros produtivos e fisiológicos de ovinos Santa Inês mantidos em confinamento na região litorânea do nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 668-678, 2004.
- Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO). **Dados estatísticos sobre a produção mundial de mamona**. 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/>. Acesso em: 15 jun. 2020.

OSORIO-GONZÁLEZ, C. S. *et al.* Production of Biodiesel from Castor Oil: A Review. **Energies**, v. 13, p. 2467, 2020.

OWENS, F. N. *et al.* Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 3152–3172, 1995.

OWENS, F. N.; ZINN, R. Metabolismo de la proteína en los ruminantes. *In*: CHURCH, C. D. (editor). **El ruminante: Fisiología digestiva y nutrición**. Zaragoza: Acribia, 1988, p. 641.

PEREIRA, E. S. *et al.* C. Maintenance and growth requirements in male and female hair lambs. **Small Ruminant Research**. v. 159, p. 75-83, 2018.

POMÉS, A. Common structures of allergens. **Revue française d'allergologie et d'immunologie clinique**, v. 48, p. 139-142, 2008.

POMPEU, R. C.F. F. **Substituição do farelo de soja pela torta de mamona destoxificada em dietas para ovinos: valor nutritivo e desempenho bioeconômico**. 2009. Tese (doutorado em Zootecnia)-Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

POMPEU, R. C. F. F. *et al.* Desempenho produtivo e características de carcaça de ovinos em confinamento alimentados com rações contendo torta de mamona destoxificada em substituição ao farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, p. 726-733, 2012.

POMPEU, R. C. F. F. *et al.* Farelo de mamona industrialmente destoxificado na alimentação de ovinos. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2020.

PRADO, J. R. A. Confinamento: a receita dos paulistas para engordar cordeiros. **A granja**, v. 49, p. 12-17, 1993.

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

ROY, C. J. *et al.* Thermostable ricin vaccine protects rhesus macaques against aerosolized ricin: Epitope-specific neutralizing antibodies correlate with protection. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 112, p. 3782–3787, 2015.

SANTOS, C. A. *et al.* Avaliação preliminar do uso de torta de mamona no manejo da hérnia das crucíferas em couve-flor. **Colloquium Agrariae**, v. 14, p. 31-38, 2018.

SANTOS, F. A.; PEDROSO, A. M. Metabolismo de proteínas. *In*: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (editores). **Nutrição de ruminantes**. v. 2, p. 265-292, 2011.

SEVERINO, L. S. *et al.* Nutrient content of solvent-extracted castor meal separated in granulometric fractions by dry sieving and applied as organic fertilizer. **Industrial Crops and Products**, v. 161, p. 113-178, 2021.

- SEVERINO, L. S. O que sabemos sobre a torta da mamona. **Embrapa Algodão-Documentos**. 2005.
- SEVERINO, L. S. *et al.* A review on the challenges for increased production of castor. **Agronomy journal**, v. 104, p. 853-880, 2012.
- SEVERINO, L. S. *et al.* Nutrient content of solvent-extracted castor meal separated in granulometric fractions by dry sieving and applied as organic fertilizer. **Industrial Crops and Products**, v. 161, p. 113178, 2021.
- SEVERINO, L. S.; MILANI, M.; BELTRÃO, N. E. M. **Mamona: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006.
- SHARMA, V.; KUNDU, P. P. Addition polymers from natural oils - a review. **Progress in polymer science**, v. 31, p. 983-1008, 2006.
- SILVA, D. A. P. *et al.* Avaliação dos efeitos nutricionais e metabólicos da substituição de silagem de milho por ração extrusada de Capim-marandu (*Urochloa brizantha*) em ovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 1-9, 2020.
- SILVA, N. L. *et al.* Optimization of biodiesel production from castor oil. *In*: MCMILLAN, J. D. *et al.* (editores). **Twenty-Seventh Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals**. Humana Press, 2006. p. 405-414.
- SNIFFEN, C. J. *et al.* Nutrient requirements versus supply in the dairy cow: strategies to account for variability. **Journal of Dairy Science**. v. 76, p. 3160-3178, 1993.
- SNIFFEN, C. J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, p. 3562–3577, 1992.
- TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A.; FOX, D. G. A nutrition mathematical model to account for dietary supply and requirements of energy and other nutrients for domesticated small ruminants: The development and evaluation of the Small Ruminant Nutrition System. **Small Ruminant Research**, v. 89, p.174–184, 2010.
- TRUGO, N. M. F. **Isolamento e caracterização química e físico-química de alérgenos de mamona**. 1979. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1979.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of dairy science**, v. 74, 3583–3597, 1991.

VARANIS, L. F. M. **Prospecção de metabólitos sanguíneos referenciais para ovinos em distintas categorias**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias), Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

VASCONCELOS, V. R.; LEITE, E. R.; BARROS, N. N. Terminação de caprinos e ovinos deslanados no Nordeste do Brasil. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 2000, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Emepa, 2000. p. 94-107.

VIEIRA, M. M. M. *et al.* Aspectos fisiológicos e bioclimáticos de caprinos nas regiões semiáridas. **PUBVET**, v. 10, p. 356-369, 2016.

VIEIRA, M. M. M. *et al.* Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com rações contendo quatro níveis de inclusão do farelo de mamona. **Revista Ceres**, v. 58, p. 444-451, 2011

VIDAL, M. F. *et al.* Análise econômica de confinamento de ovinos: o uso da uréia em substituição à cama de frango e a dietas a base de milho e soja. **Ciência Rural**, v. 34, p. 493-498, 2004.

WEISS, W. P. Symposium: Prevailing concepts in energy utilization by ruminants. **Journal of dairy science**, v. 76, p. 1802-1811, 1993.

WITTEWER, F. **Diagnóstico dos desequilíbrios metabólicos de energia em rebanhos bovinos**. Doze leituras em bioquímica clínica veterinária, p. 58, 2000.

WETTASINGHE, R. C. *et al.* Relative quantitation of ricin in *Ricinus communis* seeds by image processing. **Industrial crops and products**, v. 50, p. 654-660, 2013.

XIE, X.; KIRBY, J.; KEASLING, J. D. Functional characterization of four sesquiterpene synthases from *Ricinus communis* (castor bean). **Phytochemistry**, v. 78, p. 20-28, 2012.