

TATHYANE RAMALHO SANTOS

**FARELO DE MAMONA TRATADO COM ÓXIDO DE CÁLCIO, FORNECIDO
SECO OU ÚMIDO PARA CORDEIROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S237p
2011

Santos, Tathyane Ramalho, 1984-

Farelo de mamona tratado com óxido de cálcio, fornecido
seco ou úmido para cordeiros / Tathyane Ramalho Santos.

– Viçosa, MG, 2011.

xi, 36f. : il. ; 29cm.

Orientador: Cristina Mattos Veloso.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Ovino - Alimentação e rações. 2. Ovinos - Registros de
desempenho. 3. Digestão. 4. Farelo de mamona como ração.
5. *Ricinus communis*. 6. Mamona. 7. Biodiesel.

I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 636.3085

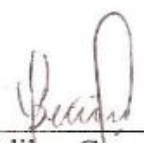
TATHYANE RAMALHO SANTOS

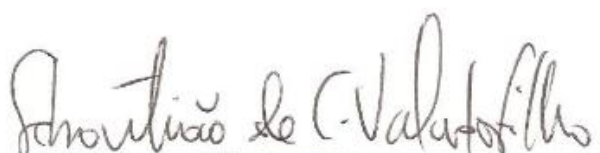
FARELO DE MAMONA TRATADO COM ÓXIDO DE CÁLCIO, FORNECIDO
SECO OU ÚMIDO PARA CORDEIROS

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

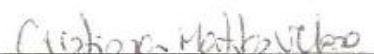
Aprovada em 15 de julho de 2011.


Prof. José Maurício de Souza Campos
(Co-Orientador)


Prof. Odilon Gomes Pereira
(Co-Orientador)


Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho


Prof. Claudio José BorelaEspechit


Prof. Cristina Mattos Veloso
(Orientadora)

Em memória do meu pai Antônio Jarbas Ramalho dos Santos.

À minha mãe Maria das Graças, meu irmão Talles Antônio e minha irmã Tane Cristina, alicerce da minha vida.

A todos os meus familiares, que sempre me apoiaram e torceram por mim.

Ao Mateus Pies Gionbelli, por todo carinho, apoio e compreensão.

Aos amigos e amigas da UFV.

Dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por se fazer presente em todos os dias de minha vida, por ser meu amigo, meu amparo e minha força. Obrigado senhor por fazer parte de minha vida!

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade e em especial ao Departamento de Zootecnia, pelo apoio na realização deste curso.

À coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de mestrado.

A professora Cristina Mattos Veloso, pela oportunidade, pela excelente orientação, atenção, amizade, confiança, simplicidade e exemplo de profissionalismo.

Ao professor José Maurício, pelo auxílio na construção deste trabalho e importantes ensinamentos.

Ao professor Odilon Gomes Pereira, pelo apoio e disposição em ajudar.

Ao professor Claudio José Borela Espechit, pela amizade, atenção, pelos ensinamentos, conselhos e pelas importantes contribuições para este trabalho.

Ao professor Sebastião de Campos Valadares Filho, pelo apoio irrestrito e cruciais ensinamentos.

Ao professor Edenio Detmann, pela atenção, ensinamentos, ideias e disposição em ajudar.

Aos professores, Marcos Inácio Marcondes e Domício do Nascimento Junior, pelos ensinamentos, pela amizade e atenção.

Aos funcionários do DZO: Natanael (Pum), Joélcio, Dinei, Marcelo Cardoso, Zezé, Fabi, Fernanda, Celeste, Venâncio, Baiano, Mário, Rosana, Edson (xerox), Edson (informática), Vanor, Antônio e Divino, Seu Jorge, pela amizade, apoio e disposição em ajudar.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal, Mário, Valdir, Fernando, Vera, Wellington, Monteiro.

Aos funcionários da Fábrica de Ração, pelo auxílio na confecção das rações.

Aos demais professores e funcionários do Departamento de Zootecnia, pelo apoio, convívio e amizade.

Ao grande amigo Vinício Araújo, pela amizade e exemplo de profissionalismo.

Aos estagiários: Marco (Guaxi), Alex (20), Lorem, Priscila, Ariel, Alagoanos (Marcos, Leo e Elias), Gê (Marmota), Vinícius, pela essencial ajuda e amizade.

Aos companheiros de equipe, Camila, Leonardo Kunupp, Pedro Alcântara, Júlio, Diogo, pela ajuda, amizade e apoio.

Aos amigos: Cinthia, Paloma, Nathê, Bruno Monteiro, Poliana, Laura, Luiz, Queque, Valdir, Rodrigo, Rodolfo, Paulo, Alam, Pedrão, Milene, Laisão, Rafael Mezomo, Nízio, Luciana, Murcim, Toquinho, Faider, Diego (Zanetti), Marcelo Grossi, Danilo, Dida, Polianinha, Carmem, Lorena, Marcia e muitos outros, pelos agradáveis momentos de convivência durante a graduação e mestrado...

A turma de Zootecnia 2005, pelos inesquecíveis momentos de alegria.

Ao Mateus (Xuxu), por todo o aprendizado, companheirismo, amizade, carinho, dedicação, ajuda, força, e amor. Juntos para sempre.

Aos meus primos, tios e avos, em particular Gladson, Ronan, Nayara, Mariana, Ana Cristina, Luiz Henrique, Tio Balim, Tia Neuza, Tia Marinalva, Tia Maria, Tia Cândida, Tia Rose, Tia Pi, Tia Marlene, Tia Nádia e Vô Aderbal, pela confiança e apoio.

Aos meus parentes que estão no estado do Maranhão, que mesmo de longe sempre torceram por mim.

Aos meus pais, Maria das Graças e Antônio Jarbas (memória), pelos ensinamentos de vida, pelo amor, pela dedicação, confiança, apoio e compreensão.

Ao meu irmão Talles Antônio, pela alegria de viver, coragem, amizade, simplicidade e carinho.

À minha irmã e Doutora Tane Cristina, pelo exemplo de irmã, mulher, profissional, pelo carinho, companheirismo, ensinamentos e consultas.

À Cecilia Pies Gionbelli, Valdir Gionbelli, Cristian Pies Gionbelli, Mariana Pies Gionbelli, pela amizade, carinho e confiança.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram para realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

TATHYANE RAMALHO SANTOS, filha de Maria das Graças Santos Ramalho e Antônio Jarbas Ramalho dos Santos, nasceu em Teófilo Otoni, Estado de Minas Gerais, em 04 de março de 1984.

Em 2005 ingressou na Universidade Federal de Viçosa-UFV, onde obteve título de graduação em Zootecnia, colando grau em 25 de julho de 2009.

Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Fisiologia da Produção, submetendo-se à defesa de dissertação em 15 de julho de 2011.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	10

CAPÍTULO 1 - Consumo, desempenho, digestibilidade e parâmetros fisiológicos de cordeiros alimentados com farelo de mamona

Resumo.....	13
Abstract.....	17
Introdução.....	13
Materiais e Métodos	16
Resultados e Discussão	22
Conclusões.....	34
Referencias Bibliográficas	34

RESUMO

SANTOS, Tathyane Ramalho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011.
Farelo de mamona tratado com óxido de cálcio, fornecido seco ou úmido para cordeiros. Orientadora: Cristina Mattos Veloso. Co-orientadores: José Maurício de Souza Campos e Odilon Gomes Pereira.

O crescimento gradual da participação do biodiesel na matriz energética mundial cria necessidade de estudos sobre a utilização dos co-produtos gerados nesta cadeia produtiva na alimentação animal, sobretudo para pequenos ruminantes. Neste sentido, propõe-se avaliar o co-produto da extração de óleo de sementes de mamona (*Ricinus communis*), farelo de mamona (FM), na alimentação de ovinos. No experimento avaliou-se o uso do farelo de mamona tratado com 60g de (CaO)/kg, fornecido, seco ou úmido, sobre o consumo e digestibilidade, desempenho, balanço de nitrogênio e função hepática em cordeiros. O FM foi obtido após extração do óleo de sementes de mamona utilizando-se solvente orgânico. O tratamento do FM foi realizado utilizando solução de óxido de cálcio (CaO), preparada diluindo-se cada kg em 10 litros de água. Após a mistura desta solução ao FM, este permaneceu em repouso por 18 horas, sendo parte do mesmo seco em terreiro de cimento e parte fornecido após o período de descaso para os animais. Foram utilizados 35 cordeiros machos, deslanados, não castrados, sem raça definida com peso inicial médio de $20 \pm 0,253$ kg mantidos em gaiolas individuais por 85 dias, sendo 15 dias de adaptação e 70 dias para coleta de dados. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em cinco tratamentos, arranjados em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$, sendo dois níveis de substituição ao farelo de soja pelo farelo de mamona (50 e 100%) e duas formas de fornecimento do farelo de mamona (seco ou úmido) e um tratamento controle à base do farelo de soja. A dieta foi composta por 60% de silagem

de milho e 40% de concentrado (na base MS), sendo isonitrogenadas, com 15% de PB (base da MS), de forma a atender as exigências nutricionais de um ovino com 20 kg de peso corporal e ganho médio diário de 200 g. Não se observou interação ($P>0,05$) entre o nível de substituição do FS pelo FM e o tipo de farelo de mamona tratado (seco ou úmido) para nenhuma das características avaliadas neste experimento. O consumo de MS e dos nutrientes ($P>0,05$), exceto proteína bruta (PB) e carboidratos não fibrosos (CNF) ($P<0,05$), quando expressos em g/kgPC, não diferiu entre os tratamentos. A digestibilidade da MS, matéria orgânica (MO), extrato etéreo (EE), fibra solúvel em detergente neutro corrigida para cinza e proteína (FDN_{cp}), e NDT não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliados. No entanto, foi observado efeito quadrático sobre a digestibilidade do CNF ($P=0,015$). O peso vivo final (PVF), o ganho médio diário (GMD), o peso de carcaça quente (PCQ), o peso de carcaça fria (PCF) e o rendimento de carcaça fria (RCF), não diferiram entre os tratamentos avaliados ($P>0,05$). No entanto, observa-se efeito quadrático ($P=0,041$) para o rendimento de carcaça quente (RCQ), quando o FS foi substituído pelo FMTU, com ponto máximo em 45,66% de substituição. Comportamento semelhante foi observado para as perdas por resfriamento (PR), também com efeito quadrático ($P<0,001$), em função do nível de substituição do FS pelo FMFS e FMTU ($P=0,041$). Não foi encontrada diferença no nitrogênio ingerido (NI) ($P>0,05$). O nitrogênio fecal (NF) quando apresentado em g/dia ($P>0,05$) não apresentou diferença. Porém, quando apresentado em % do N ingerido apresentou efeito linear negativo em função do aumento do nível de substituição do FS pelo FMFS ($P=0,050$) e FMTU ($P=0,045$). A excreção de N via urina apresentou efeito quadrático ($P=0,002$), com maior excreção de N nos tratamentos com 50% de substituição. O efeito quadrático na excreção de N via urina também refletiu na excreção urinária de uréia ($P=0,016$) e ($P<0,001$). Os níveis séricos de enzimas relacionadas com função hepática

não se alteraram. Conclui-se que é possível a substituição total ou parcial do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com óxido de cálcio micropulverizada, nas formas seca ou úmida, na dieta de ovinos em confinamento, quando alimentados até o nível de 18% da MS total.

ABSTRACT

SANTOS, Tathiane Ramalho, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July of 2011.
Castor bean meal treated with calcium oxide, fed dry or humid for lambs.
Adviser: Cristina Mattos Veloso. Co-advisers: José Maurício de Souza Campos and Odilon Gomes Pereira.

The gradual growth of the biodiesel participation in global energy production creates a need for studies on the use of co-products generated in this production chain in animal feed, especially for small ruminants. In this sense, it is proposed to evaluate the co-product of oil extraction of castor seeds (*Ricinus communis*), castor bean meal (CM) in diets for sheep. In the experiment we evaluated the use of castor bean meal treated with 60 g/kg of calcium oxide (CaO), provided, dry or humid, on consumption and digestibility, performance, nitrogen balance and liver function in lambs. The CM was obtained after extraction of oil from castor beans using organic solvent. The treatment was performed using the CM solution of calcium oxide (CaO), prepared by diluting each kg in 10 liters of water. After mixing this solution to the CM, it remained at rest for 18 hours, and part of it dry in the yard and part of cement supplied after the period of disregard for the animals. The study included 35 male lambs, not neutered, mixed breed with average initial weight of 20 ± 0.253 kg kept in individual cages for 85 days, 15 days of adaptation and 70 days for data collection. The animals were randomly assigned to five treatments, arranged in a $2 \times 2 +1$ factorial, with two levels of substitution of soybean meal by castor meal (50 and 100%) and two forms of delivery of the castor bean meal (dry or humid) and a control treatment to the base of soybean meal. The diet was composed of 60% corn silage and 40% concentrate (based on MS) and isonitrogenous, with 15% CP (DM basis) in order to meet the nutritional requirements of a sheep with 20 kg body weight and average daily gain of 200 g. There was no significant interaction ($P > 0.05$) between the level of substitution of CM by

soybean meal and the type of treated castor meal (dry or humid) to any of the characteristics evaluated in this experiment. DM intake and nutrient ($P > 0.05$), except crude protein (CP) and non-fiber carbohydrates (NFC) ($P < 0.05$), when expressed in g / kgPC did not differ between treatments. The digestibility of DM, organic matter (OM), ether extract (EE), neutral detergent soluble fiber corrected for ash and protein (NDFap), and TDN did not differ ($P > 0.05$) between treatments. However, it was observed a quadratic effect on the digestibility of NFC ($P = 0.015$). The final body weight (PVF), average daily gain (ADG), the hot carcass weight (HCW), cold carcass weight (CCW) and cold carcass yield (RCF), did not differ between treatments evaluated ($P > 0.05$). However, there was a quadratic effect ($P = 0.041$) for hot carcass yield (WHR), when the SM was replaced by CM, with maximum at 45.66% substitution. Similar behavior was observed for the cooling losses also with a quadratic effect ($P < 0.001$), due to the replacement level by the SM and CM humid or dry ($P = 0.041$). There was no difference in nitrogen intake (NI) ($P > 0.05$). The fecal nitrogen (FN) when presented in g / day ($P > 0.05$) showed no difference. However, when presented as% of N intake showed a linear effect due to the increased level of substitution of CM by SM ($P = 0.050$) and CM ($P = 0.045$). N excretion via urine showed a quadratic effect ($P = 0.002$), with increased excretion of N in the treatments with 50% substitution. The quadratic effect of N excretion via urine also reflected in urinary urea ($P = 0.016$) and ($P < 0.001$). Serum levels of enzymes related to liver function did not change. We conclude that it is possible to replace all or part of soybean meal by meal castor treated with calcium oxide sputtered in dry or wet forms, in the diet of sheep in confinement, when fed to the level of 18% of total DM.

INTRODUÇÃO

Atualmente, a ovinocultura nacional tem se destacado como uma atividade de potencial expressivo no âmbito da pecuária nacional. Suas potencialidades estão calcadas, além de outros pontos, no fato de haver um déficit na produção nacional de carne ovina, de modo que boa parte da carne consumida no Brasil é de origem importada, principalmente do Uruguai (Barreto Neto, 2007). Além disso, existe potencial de aumento do consumo *per capita* desta carne no país, uma vez que este se situa bem abaixo de países tradicionais na atividade, como, por exemplo, Nova Zelândia e Austrália. A falta de organização da cadeia e os custos de produção ao nível de fazenda geram grande impacto no preço final deste produto, diminuindo a competitividade do mesmo perante o mercado.

Dentro do custo de produção da carne de cordeiro, a ração concentrada apresenta-se como fator de maior impacto, sendo responsável por grande parte do mesmo, 60 a 70%. Assim, a busca por alimentos alternativos que possam substituir os tradicionais, como o milho e o farelo de soja está se tornando cada vez mais frequente, objetivando a diminuição do custo de produção, uma vez que, alimentos tradicionais estão sujeitos a variações de mercado.

Existe, hoje, ampla variedade de alimentos que podem ser utilizados na alimentação animal, dentre eles destacam-se os co-produtos do biodiesel. Entretanto, o valor nutricional e a qualidade dos mesmos devem ser avaliados, devido à complexa interação existente entre os nutrientes ingeridos pelos ruminantes e os microrganismos do trato digestório.

A produção de biodiesel vem ao encontro da preocupação mundial quanto à produção de fontes de energia de menor impacto ambiental, uma vez que se constitui

uma fonte de combustível renovável e menos poluente. O biodiesel é um combustível alternativo ao diesel, proveniente de fontes naturais renováveis, tais como óleos vegetais e gordura animal, e com grande apelo ambiental, especialmente por reduzir emissões de gases e partículas de hidrocarbonetos durante a combustão, quando comparado aos combustíveis fósseis (Abreu et al., 2004).

A integração da cadeia agroenergética e da pecuária, promovida pelo uso de co-produtos do biodiesel na produção animal, permite a otimização da oferta de empregos e geração de renda em tais setores, além de diminuir o passivo ambiental, uma vez que o potencial poluidor (co-produto) passa a ser usado como insumo para produção de alimentos de origem animal (Oliveira et al., 2010). O crescimento da participação do biodiesel na matriz energética mundial criou oportunidades para a produção de ruminantes, por meio da oferta potencial de farelos ou tortas obtidos após a extração do óleo de sementes de oleaginosas. Neste sentido, estudos que permitam gerar mais informações sobre a melhor forma de utilização destes co-produtos na alimentação de ruminantes fazem-se necessários, garantindo a sustentabilidade da integração destas cadeias.

As discussões a respeito do biodiesel têm procurado priorizar oleaginosas que propiciem maior emprego de mão-de-obra, como também a inserção de regiões que estejam à margem do processo de desenvolvimento econômico (PNPB, 2005). A cultura da mamona (*Ricinus communis*) é uma das mais tradicionais do semi-árido brasileiro, sendo de relevância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais. Esta espécie destaca-se por apresentar alta plasticidade fenotípica, permitindo a seleção de plantas adaptadas às mais diversas condições edafoclimáticas, sendo possível, portanto, seu cultivo em quase todo o território nacional, consistindo-se em uma cultura de grande potencial econômico para a produção de biodiesel (Ferreira et al., 2006).

Após vários anos de estagnação, o cultivo da mamona, no Brasil, foi impulsionado a partir de 2004, com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, pelo Governo Federal. Além do objetivo bioenergético, outras vantagens são advindas desta cultura, como a oferta de co-produtos para a alimentação animal na forma de farelos e tortas.

A torta de mamona é obtida após extração mecânica do óleo, sendo constituída de, aproximadamente, 13% de óleo (Costa et al., 2004). O óleo é utilizado na indústria de cosméticos e, na indústria automotiva, como lubrificante para motores de alta rotação e carburantes de motores a diesel. Já o farelo de mamona é obtido utilizando solventes químicos para extração do óleo, o que permite a obtenção de um produto com menor teor de óleo (abaixo de 1,5%) e, conseqüentemente, maior teor protéico (Evangelista et al., 2004). Em razão da maior eficiência industrial do processo de extração de óleo com solventes (Baliza et al., 2004), o farelo de mamona é o principal produto obtido após tal processamento.

A mamona apresenta alto rendimento percentual de óleo (42% de óleo e 54% de farelo), quando comparada a outras culturas de oleaginosas, por exemplo, a soja (19% de óleo e 72% de farelo), (Barros et al., 2006) e é dada como um alimento concentrado protéico, com o correspondente a 80% do teor de proteína bruta (PB) do farelo de soja (Moreira et al., 2003).

Apesar do potencial de utilização do farelo de mamona na alimentação de ruminantes, como substituto de fontes tradicionais de proteína (farelos de soja e de algodão), este produto tem sido utilizado, basicamente, como fertilizante orgânico, devido às limitações relacionadas à sua toxidez e alergenicidade, causada pela presença de três substâncias: ricinina (um alcalóide), CB-1A (um complexo alergênico) e ricina (uma proteína) (Severino, 2005).

A ricinina é um alcalóide encontrado em todas as partes da planta, cujo teor varia em função dos componentes da mesma, sendo maior nas folhas e negativamente correlacionado com o teor de ricina na semente. Assim, em razão da baixa atividade tóxica, associada à pequena concentração na semente, a ricinina não é considerada fator limitante na alimentação de ruminantes (Anandan et al., 2005).

A fração alergênica é formada por um complexo de proteínas e polissacarídeos, denominado CB-1A que não representa grande entrave, pois sua alergenicidade só é danosa quando injetado ou absorvido pelo trato respiratório, o que só acontece se houver exposição a grandes quantidades do produto, em ambiente pouco ventilado (Bandeira et al., 2004). Todavia, a eliminação da fração alergênica deve ser considerada no processo de eliminação de compostos indesejáveis do farelo de mamona, de forma a garantir a obtenção de um produto seguro ao homem (Severino, 2005).

A ricina é uma proteína solúvel, encontrada exclusivamente no endosperma da mamona, não sendo encontrada em outras partes da planta, como raízes, caule e folhas (Bandeira et al., 2004). Apesar da alta toxicidade da semente, o óleo de mamona não é tóxico, pois a ricina não é solúvel em lipídeos, permanecendo todo componente tóxico na torta ou no farelo (Gaillard & Pepin, 1999). Esta toxina é classificada como uma lecitina, componente do grupo das “proteínas inativadoras de ribossomos”, compostas por duas subunidades de funções biológicas distintas. A subunidade A inativa irreversivelmente os ribossomos eucarióticos, impedindo a síntese protéica. Já a subunidade B encontra-se ligada à membrana celular e à subunidade A, e permite a entrada desta, por endocitose, para o citosol (Olsnes et al., 1974). Assim, se quebradas as ligações entre as duas subunidades, as partes resultantes não são tóxicas em células eucarióticas (Audi et al., 2005).

Dessa forma, pode-se considerar a ricina como o principal fator limitante para o uso dos co-produtos da extração de óleo de semente de mamona na alimentação animal (Anandan et al., 2005). Porém, considerando-se o intenso e contínuo processo de degradação protéica que ocorre no ambiente ruminal, especula-se que parte ou totalidade da ricina presente no farelo de mamona seja inativada pela microbiota ruminal, o que poderia explicar algumas observações de tolerância em animais ruminantes alimentados com dietas contendo farelo de mamona sem tratamento (Albin et al., 1969; Santana et al., 1971). No entanto, ainda não há comprovações dessa inativação.

A toxicidade da ricina é conhecida há mais de um século, mas somente no final da década de 80 foi descrito o seu mecanismo de ação (Endo & Tsurugi, 1988). Estudos têm associado a ocorrência de lesão hepática à presença de ricina em ratos, revelada pela atividade de diversas enzimas relacionadas com a função hepática, como a aspartatoaminotransferase e alaninoaminotransferase, e que são liberadas das células hepáticas para a corrente sanguínea, quando lesionadas (Kumar et al., 2003).

Os tratamentos que possibilitam transformar o farelo de mamona num produto destoxificado foram estudados há bastante tempo. Na década de 1960, a Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (SANBRA) desenvolveu processo de destoxicação do farelo de mamona, aplicável em escala industrial, que proporcionou a obtenção de produto considerado seguro para a alimentação animal (Matos, 1976). A partir de então, algumas pesquisas com alimentação animal foram desenvolvidas no Brasil, obtendo-se resultados satisfatórios com o uso desse produto. Em função de ser protegido por patente, o processo utilizado pela SANBRA não foi divulgado (Bandeira et al., 2004).

Bose & Wanderley (1988), testando a torta de mamona destoxificada em mistura com feno de alfafa, em diferentes proporções na alimentação de ovinos, observaram que

a adição de torta de mamona ao feno de alfafa resultou no aumento dos teores de proteína e de energia digestíveis.

A partir da década de 80, não foi mais possível encontrar relatos na literatura de pesquisas, do uso da torta de mamona na alimentação animal, no Brasil. É provável que a torta de mamona destoxificada tenha se tornado pouco competitiva em relação à torta de algodão, que estava disponível em grande quantidade e que tinha custo relativamente menor por não precisar ser submetida ao processo de destoxicação (Severino, 2005). Nos anos seguintes, a produção brasileira de mamona declinou acentuadamente e a quantidade de torta destoxificada disponível deixou de ser uma das importantes alternativas para alimentação animal, o que, provavelmente, deixou de atrair a atenção de pesquisadores, gerando *déficit* de informações quanto a características nutricionais e seus efeitos sobre o desempenho animal.

Em um estudo realizado na Índia, foi comparada a eficácia de diferentes métodos físicos (autoclave, cozimento, aquecimento, fervura e embebição) e químicos (tratamento com hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio, amônia, cloreto de sódio, formaldeído ou tanino) de destoxicação da ricina do farelo de mamona, (Anandan et al., 2005). Somente o método utilizando autoclave (15 psi, 60 min) e o tratamento com hidróxido de cálcio (40g/kg de farelo de mamona) mostraram completa inativação da toxina, avaliada mediante análise quantitativa (método de Lowry) e qualitativa (visualização das bandas de proteína em gel de eletroforese).

Recentemente, no Brasil, pesquisas avaliaram o efeito da destoxificação do farelo de mamona por meio de tratamento alcalino (hidróxido de cálcio, Ca(OH)_2 , ou óxido de cálcio, CaO , nas doses 20, 40 ou 60 g/kg, diluído ou não em água), com descanso do material por 18 horas, ou térmico (autoclave com pressão de 15 psi, a 123 °C, durante 30, 60 ou 90 minutos), (Oliveira et al., 2010). A eficácia de 100% de destoxicação com

Ca(OH)₂ na dose de 40 g/kg de farelo ou com autoclave em 15psi durante 60 minutos, observada por Anandan et al. (2005), não se confirmou neste estudo. Somente os tratamentos com Ca(OH)₂ ou CaO, diluídos em água (1:10), na dose de 60 g/kg de farelo, mostraram-se eficazes em destoxificar a ricina. Cabe ressaltar que, devido à necessidade de adição de água ao tratamento do farelo de mamona, para o armazenamento do mesmo, é necessária a secagem, o que pode resultar em limitações operacionais, uma vez que, as variações climáticas no país são bastante evidenciadas. Uma alternativa à secagem do material seria o uso do farelo de mamona tratado úmido, após o período de destoxificação citado, na alimentação animal, o que poderia facilitar, principalmente para o produtor, sua utilização. No entanto, há necessidade de estudos que avaliem esta nova forma de utilização deste alimento, sobretudo na criação de ovinos, uma vez que pesquisas com este co-produto na alimentação desta espécie, são escassas.

Santos et al. (2009) avaliaram o consumo e a digestibilidade de dietas para ovinos contendo farelo de mamona tratado (FMT) com óxido de cálcio nas forma seca e úmida. O consumo e a digestibilidade total da matéria seca, matéria orgânica, proteína bruta e fibra em detergente neutro não foram afetados pela forma de fornecimento do FMT (seco ou úmido). Assim, aumenta-se a flexibilidade de adoção do FMT pelo produtor rural.

Menezes et al. (2009) avaliaram o efeito da substituição parcial do farelo de soja pelo farelo de mamona destoxificado, nos níveis 15, 30 e 45% de substituição, na alimentação de ovinos em fase de recria. O consumo de matéria seca, o peso vivo final, o ganho de peso total e o ganho de peso diário não foram influenciados pela substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona destoxificado. Com isso, os autores concluíram

que, nas porcentagens testadas, o farelo de soja pode ser substituído pelo farelo de mamona na dieta de ovinos em terminação.

Barros et al. (2011), ao avaliarem o desempenho produtivo de novilhas sob pastejo, no período de transição seca-águas, recebendo suplementos múltiplos com substituição parcial ou total do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com CaO, concluíram que o farelo de mamona tratado, em substituição ao farelo de soja em suplementos múltiplos, não prejudica o desempenho animal.

Diniz et al. (2010, 2011) trabalhando com bovinos em condições de confinamento, avaliaram o efeito da substituição, total e parcial, do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado ou não com cal (CaO), sobre o consumo de nutrientes, desempenho e características de carcaça. Não foi observado efeito significativo da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona sobre as características analisadas, concluindo que o farelo de mamona tratado com 6% de cal pode substituir totalmente o farelo de soja em dietas para bovinos em terminação.

O grande interesse em substituir o farelo de soja, fonte tradicional de proteína na composição de dietas para ruminantes, deve-se, também, a se tratar de uma *commoditie* agrícola, tendo seu preço influenciado pelas variações que ocorrem no mercado, o que limita sua utilização nas dietas, sem uma correspondente compensação no preço do produto produzido, resultando, muitas vezes, na inviabilização do sistema de produção. Dessa forma, há crescente interesse de profissionais na formulação de rações e suplementos protéicos ideais para aumento da produção, a menores custos, fazendo uso de co-produtos da agroindústria.

Embora existam algumas informações sobre o farelo de mamona, seus fatores anti-nutricionais e métodos de eliminá-los, ainda se faz necessário dar continuidade aos

estudos com objetivo, em particular, de conhecer suas propriedades nutricionais, visando o aproveitamento desses produtos na alimentação animal.

Perante as considerações expostas, o tratamento com cal mostrou-se promissor para a destoxificação do farelo de mamona. Todavia, é necessário avaliar, novas formas de utilização deste alimento, que minimizem seus impactos na operacionalidade do sistema, seus aspectos nutricionais e suas respostas produtivas.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com óxido de cálcio sobre o consumo de matéria seca e frações nutricionais, ganho de peso, rendimento de carcaça, digestibilidades das dietas, produção microbiana e balanço de nitrogênio de cordeiros em terminação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, F.R.; LIMA, D.G.; HAMÚ, E.H. et al. Utilization of metal complexes as catalysts in the transesterification of Brazilian vegetable oils with different alcohols. **Journal of Molecular Catalysis A: Chemical**, v.209, p.29-23, 2004.
- ALBIN, R.C.; DAVIS, W.H.; ZINN, D.W. Castor meal for growing-finishing steers. **Journal of Animal Science**, v.28, n.1, p.133 (Abstract), 1969.
- ANADAN, S.; ANIL KUMAR, G.K.; GHOSH, J. et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, p.159-168, 2005.
- AUDI, J.; BELSON, M.; PATEL, M. et al. Ricin poisoning: a comprehensive review. **The Journal of the American Medical Association**, v.294, n.9, p.2342-2351, 2005.
- BALIZA, D.P.; CARDOSO, M.G.; VIELA, F.J et al. Extração do óleo fixo de torta oriundo da prensagem industrial de sementes de *Ricinus communis* (Mamona). In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., Campina Grande, 2004. **Anais...** Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: www.cnpa.embrapa.br.
- BANDEIRA, D.A.; CARTACHO, W.V.; SEVERINO, L.S. et al. Resíduo industrial da mamona como fonte alternativa na alimentação animal. In: I Congresso Brasileiro de Mamona, 2004. **Anais...** Campina Grande. Disponível em www.cnpa.embrapa.br.
- BARRETO NETO, A.D. Posicionamento estratégico do setor de carnes de caprinos e ovinos no mercado de carnes brasileiro. In: Simpósio Internacional sobre Caprinos e Ovinos de Corte, 3., 2007. **Anais...** João Pessoa: EMEPA, 2007. CD-ROM.
- BARROS, G.S.C.; SILVA, A.P.; PONCHICO, L.A. et al. Custos de produção de biodiesel no Brasil. **Revista de Política Agrícola**, Ano 15, n.3, p.36-50, 2006.
- BARROS, L.V.; PAULINO, M.F.; DETMANN, E. et al. Replacement of soybean meal by treated castor meal in supplements for grazing heifer during the dry-rainy season period. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.40, n.4, p.843-851, 2011.
- BOSE, M.L.V.; WANDERLEY, R.C. Digestibilidade e balanço metabólico da fração nitrogenada do farelo de mamona desintoxicado e de feno de alfafa em ovinos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.17, n.5, p.456-464, 1988.
- COSTA, F.X.; SEVERINO, I.S.; BELTRAÃO, N.E.M. et al. Composição química da torta de mamona. In: Congresso Brasileiro de Mamona, I., Campina Grande, 2004. **Anais...** Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em www.cnpa.embrapa.br.

- DINIZ, L.L.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. Effects of castor meal on the growth performance and carcass characteristics of beef cattle. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.23, n.10, p.1308-1318, 2010.
- DINIZ, L.L.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. Effects of castor meal on the growth performance and carcass characteristics of beef cattle. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.23, n.10, p.1308-1318, 2010.
- DINIZ, L.L.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, A.S. et al. Castor bean meal for cattle finishing: 1 - Nutritional parameters. **Livestock Science**, v.135, n.2, p.153-167, 2011.
- ENDO, Y; TSURUGI, K.The RNA N-glycosidase activity of ricin A-chain. **The Journal of Biological Chemistry**, v.263, n.18, p.8735-8739.1988.
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; PERON, A.J. Avaliação da composição química de tortas de mamona e amendoim obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. In: Congresso Brasileiro de Mamona, Campina Grande, 2004. **Anais...** Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: www.cnpa.embrapa.br.
- FERREIRA, G.B.; BERTRÃO, N.E.N.; SEVERINO, L.S. et al. **A cultura da mamona no cerrado: riscos e oportunidades**. Embrapa Algodão: Campina Grande, 70p., 2006 (Documentos, 149).
- GAILARD, Y.; PEPIN, G. Poisoning by plant material: review of human cases and analytical determination of main toxins by higher-performance liquid chromatography- (tandem) mass spectrometry. **Jornal of Chromatography B**, v.733,p.181-229, 1999.
- KUMAR, O.; SUGENDRAN, K.; VIJAYARAGHAVAN, R. Oxidative stress associated hepatic and renal toxicity induced by ricin in mice. **Toxicon**, v.41, p.333-338, 2003.
- MATOS, L.L. **Substituição do farelo de algodão pelo farelo de mamona alimentação suplementar de vacas em lactação**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Viçosa: UFV, 1976. 39p.
- MENEZES, D.R.; COSTA, R.G.; ARAÚJO, G.G.L. et al. Desempenho e ganho de peso de cordeiros alimentados com farelo de mamona. In: Simpósio Internacional Sobre Caprinos e Ovinos de Corte. 4., 2009, João Pessoa. **Anais...** Paraíba. (CD-ROM).
- MOREIRA, J.F.C.; RODRÍGUEZ, N.M.; FERNANDES; P.C.C. et al. Concentrados protéicos para bovinos. 1. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.55, n.3, jun., p.315-323, 2003.
- OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, M.R.C. et al. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castor seed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology**, v.158, n.1, p.15-28, 2010.

- OLSNES, S.; REFSNES, K.; PIHL, A. Mechanism of action the toxic lectins abrin and ricin. **Nature**, v.249.p.627-631, 1974.
- PNPB – PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO DE USO DE BIODIESEL. 2005. Disponível em: www.biodesel.gov.br/programa.html.
- SANTANA, O.P; CALDAS, G.C; ARAÚJO, P.E.S. Resposta comparativa de bovinos jovens em confinamento, ao farelo de mamona adubo e lex protéico. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, **Anais...** 8., 1971, Rio Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.144-145, 1971.
- SANTOS, A.L.; CAMPOS, J.M.S.; VIANA, E.P. et al. Consumo e digestibilidade de dietas para ovinos contendo farelo de mamona tratado com óxido de cálcio nas formas seca ou úmida. In: Congresso da rede Brasileira de tecnologia de Biodiesel – RBTB. 3., 2009, Brasília-DF. **Anais...** (CD-ROM).
- SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, Documentos, 134, 2005. 31p.

CAPÍTULO 1

Consumo, desempenho, digestibilidade, balanço de nitrogênio e parâmetros fisiológicos de cordeiros alimentados com farelo de mamona

Resumo – Objetivou-se avaliar o farelo de mamona tratado com óxido de cálcio, seco ou úmido, sobre consumo, desempenho, digestibilidade, balanço de nitrogênio e função hepática em ovinos. Utilizaram 35 ovinos sem raça definida, deslançados, não castrados, com peso inicial médio de $20 \pm 0,253$ kg, mantidos em gaiolas individuais por 85 dias, sendo 15 dias de adaptação e 70 dias para coleta de dados. Os animais foram distribuídos aleatoriamente em cinco tratamentos, arranjos em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$, sendo dois níveis de substituição ao farelo de soja pelo farelo de mamona (50 e 100%) e duas formas de fornecimento do farelo de mamona (seco ou úmido) e um tratamento controle à base do farelo de soja. Não se observou interação ($P > 0,05$) entre o nível de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona e o tipo de farelo de mamona tratado (seco ou úmido) para nenhuma das características avaliadas neste experimento. Não foi observada diferença no consumo de MS e dos nutrientes ($P > 0,05$), exceto PB e CNF ($P < 0,05$), quando expressos em g/kgPC. A digestibilidade da MS, MO, EE, FDN_{cp} e NDT não diferiu ($P > 0,05$). No entanto, foi observado efeito quadrático para o CNF ($P = 0,015$). Não foi encontrada diferença ($P > 0,05$) para o PVF, GMD, PCQ, PCF e o RCF entre os tratamentos, apenas o RCQ apresentou efeito quadrático ($P = 0,041$), com ponto máximo em 45,66% de substituição do FS pelo FMTU. Não foi encontrada diferença ($P > 0,05$) no NI e no NF quando expresso em g/dia. A excreção de N via urina apresentou efeito quadrático ($P = 0,002$), com maior excreção de N nos tratamentos com 50% de substituição. Os níveis séricos de enzimas relacionadas com função hepática não se alteraram. Conclui-se que é possível a substituição total ou parcial do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com óxido de cálcio micropulverizado, nas formas seca ou úmida, na dieta de ovinos em confinamento, quando alimentados até o nível de 18% da MS total.

Palavras-chave: biodiesel, co-produtos, detoxificação, ovinos, ricina, *Ricinus communis* L.

Intake, performance, digestibility, nitrogen balance and physiological parameters of lambs fed castor seed meal

Abstract – The objective was to evaluate the castor bean meal treated with calcium oxide, dry or humid on consumption, performance, digestibility, nitrogen balance and liver function in sheep. We used 35 mongrel sheep, entire, with initial average weight of 20 ± 0.253 kg, kept in individual cages for 85 days, 15 days of adaptation and 70 days for data collection. The animals were randomly assigned to five treatments, arranged in a $2 \times 2 + 1$ factorial, with two levels of substitution of soybean meal by meal castor (50 and 100%) and two forms of delivery of the castor bean meal (dry or wet) and a control treatment to the base of soybean meal. There was no significant interaction ($P > 0.05$) between the degree of substitution of soybean meal by meal type of castor oil and castor bean meal treated (wet or dry) for any of the characteristics evaluated in this experiment. There was no difference in DM intake and nutrient ($P > 0.05$) except CP and NCF ($P < 0.05$), when expressed in g/kgPC. The digestibility of DM, OM, EE, and TDN NDFap did not differ ($P > 0.05$). However, a quadratic effect was observed for the NCF ($P = 0.015$). There was no difference ($P > 0.05$) for PVF, ADG, HCW, CCW and RCF between treatments, only the WHR showed a quadratic effect ($P = 0.041$), with maximum at 45.66% replacement of CM by CMT humid. There was no difference ($P > 0.05$) in NI and NF when expressed in g/day. N excretion via urine showed a quadratic effect ($P = 0.002$), with increased excretion of N in the treatments with 50% substitution. Serum levels of enzymes related to liver function did not change. We conclude that it is possible to replace all or part of soybean meal by meal castor treated with calcium oxide micropulverized, in dry or wet forms, in the diet of sheep in confinement, when fed to the level of 18% of total DM .

Key words: biodiesel, co-products, detoxifying, sheep, ricin, *Ricinus communis* L.

Introdução

A ovinocultura nacional tem se destacado como uma atividade de potencial expressivo no âmbito da pecuária nacional. Suas potencialidades estão calcadas, além

de outros motivos, no fato de haver *déficit* na produção nacional de carne ovina, de modo que boa parte da carne ovina consumida no Brasil é de origem importada, principalmente do Uruguai (Barreto Neto, 2007).

A produção de biodiesel vem ao encontro da preocupação mundial quanto à produção de fontes de energia de menor impacto ambiental, uma vez que se constitui em fonte de combustível renovável e menos poluente. O crescimento da participação do biodiesel na matriz energética mundial cria oportunidades para a produção de ruminantes, por meio da oferta potencial de farelos ou tortas obtidos após a extração do óleo de sementes de oleaginosas.

As discussões a respeito do biodiesel têm procurado priorizar oleaginosas que propiciem maior emprego de mão-de-obra, como também a inserção de regiões que estejam à margem do processo de desenvolvimento econômico (PNPB, 2005). A cultura da mamona (*Ricinus communis*) é uma das mais tradicionais no semi-árido brasileiro, sendo de relevância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais. Esta espécie destaca-se por apresentar alta plasticidade fenotípica, permitindo a seleção de plantas adaptadas às mais diversas condições edafoclimáticas (Ferreira et al., 2006). Assim, a expectativa de crescimento desta cultura cria inúmeras oportunidades para a produção de ruminantes, com a oferta potencial de torta e farelo, principais co-produtos dessa cultura.

Apesar do potencial de utilização do farelo de mamona na alimentação de ruminantes, como substituto de fontes tradicionais de proteína (farelo de soja e algodão), o que poderia agregar maior valor e renda à cadeia produtiva, este produto tem sido utilizado basicamente como fertilizante orgânico, devido a limitações relacionadas à presença de uma potente toxina (ricina) e fatores alergênicos (Severino, 2005).

Em pesquisa recente no Brasil, demonstrou-se que o tratamento térmico com autoclave (15 psi), durante 90 minutos, ou o tratamento com hidróxido de cálcio ou óxido de cálcio, diluído em água (1:10), na dose de 60 g/kg de farelo, foram eficazes em desnaturar a ricina (Oliveira et al., 2010). No entanto informações sobre o uso desse có-produto na alimentação animal ainda são escassas.

Desta forma, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com cal sobre o consumo de matéria seca e frações nutricionais, ganho de peso, rendimento de carcaça, digestibilidades das dietas, produção microbiana e balanço de nitrogênio de cordeiros em terminação.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante o período de agosto a outubro de 2010, nas instalações do Laboratório de Animais do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizados 35 cordeiros machos, deslanados, sem raça definida, não castrados, com peso corporal médio inicial de $20\text{kg} \pm 0,253$, originários de rebanhos de produtores da região. Os animais foram distribuídos segundo um delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e sete repetições por tratamento, arrançados em esquema fatorial $2 \times 2 + 1$, sendo dois níveis de substituição ao farelo de soja pelo farelo de mamona (50 e 100%) e duas formas de fornecimento do farelo de mamona (seco ou úmido) e um tratamento controle à base do farelo de soja. Os cordeiros foram submetidos a um período de 15 dias de adaptação e 70 dias de período experimental, para avaliação do ganho de peso corporal, consumo de matéria seca (MS) e nutrientes e digestibilidade das dietas.

Os ovinos foram alimentados com uma dieta contendo 60% de silagem de milho e 40% de concentrado (na base MS). Foram utilizados cinco tratamentos, que consistiram de dois níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona (FM) tratado (50 e 100%) e duas formas de fornecimento do FM (seco ou úmido) e um tratamento controle (0% de FM), como se segue: 0% FM, 50 e 100% (FMTS), 50 e 100% (FMTU), na base da MS (Tabela 1). A mistura uréia + sulfato de amônio foi utilizada para ajustar o teor de proteína bruta (PB) das dietas em razão das diferenças no teor de PB dos alimentos protéicos. As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas, com 15% de PB (base da MS), de forma a atender as exigências nutricionais de um ovino com 20 kg de peso corporal e ganho médio diário de 200 g, segundo o NRC (2007).

Tabela 1 - Proporção dos ingredientes nas dietas experimentais, com base matéria seca

Ingrediente	FS	FMTS		FMTU	
		50%	100%	50%	100%
Silagem de milho	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
Farelo de soja	18,00	9,00	-	9,00	-
Milho grão moído	20,80	20,36	19,93	20,36	19,93
Farelo de mamona seco	-	9,00	18,00	-	-
Farelo de mamona úmido	-	-	-	9,00	18,00
Uréia/Sulfato de amônio	-	0,44	0,87	0,44	0,87
Mistura mineral ¹	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

FS = farelo de soja, FMTS = farelo de mamona tratado seco, FMTU = farelo de mamona tratado úmido.
¹Mistura mineral formulada a base de sal comum, calcário calcítico, fosfato bicálcico, sulfato de cobre, sulfato de zinco, sulfato de cobalto, iodato de potássio e selenito de sódio, de acordo com as recomendações do NRC (2007) para ovinos em crescimento.

O farelo de mamona (FM) foi adquirido de agroindústria localizada na região de Salvador-BA, obtido após extração do óleo de sementes de mamona utilizando-se solvente orgânico. O tratamento do FM foi feito com solução de CaO (cal), preparada diluindo-se cada kg em 10 litros de água. Foram aplicados de 60 gramas de cal

micropulverizada por kg de FM, na base da matéria natural, conforme recomendado por Oliveira et al. (2007). Após a mistura da cal ao FM, este permaneceu em repouso por 18 h, sendo parte do mesmo seca em terreiro de cimento, para armazenamento. O tempo de secagem variou com as condições climáticas, sendo de aproximadamente 48 horas. Outra parte do FM foi tratada diariamente e fornecida úmida aos animais, após o período de destoxificação de 18 h.

Ao início do experimento, todos os animais foram pesados, após jejum de sólidos de 16 horas, identificados, vermifugados, receberam complexo vitamínico ADE e foram distribuídos, aleatoriamente, aos tratamentos descritos, sendo, posteriormente, alojados em gaiolas individuais, com piso ripado, providas de comedouro e bebedouro.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 7:00 e às 15:00 h. Diariamente, foram feitas pesagem e amostragem da quantidade de alimentos fornecidos e das sobras de cada animal para estimativa do consumo, sendo, em seguida, acondicionadas em sacos plásticos e congeladas. Ao final de cada semana, foi feita uma amostra composta para cada animal. As amostras compostas foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, a 60°C por 72 horas e moídas em moinho de facas com peneira contendo crivos de 2 mm para as análises de FDN_i e 1 mm para as demais análises. Os concentrados foram preparados a cada 20 dias, sendo colhidas amostras dos ingredientes deste, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas para análises posteriores.

O preparo das amostras compostas dos alimentos fornecidos e das sobras, bem como as análises de matéria seca (MS), cinzas (CZ), nitrogênio total (NT), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e extrato etéreo (EE), seguiram as especificações descritas em Silva e Queiroz (2002), sendo a proteína bruta (PB) obtida pelo produto entre o teor de NT e o fator 6,25. Para análise de fibra em detergente

neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa amilase termo-estável, sem uso de sulfito de sódio, corrigidas para o resíduo de cinzas (Mertens, 2002) e para o resíduo de compostos nitrogenados (Licitra, 1996). As análises de FDN foram realizadas em sistema Ankon[®], utilizando sacos TNT (tecido-não-tecido), com dimensões de 5 x 5 cm, mantendo-se relação média de 14 mg de MS/cm² de tecido e 100 mL de detergente neutro/g de amostra seca ao ar.

Os teores de carboidratos não-fibrosos (CNF) foram calculados como sugerido por Detmann e Valadares Filho (2010) de acordo com a seguinte equação:

$$CNF_{cp} = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ da uréia} + \%uréia) + \%FDN_{cp} + \%EE + \%Cinzas]$$

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Weiss (1999), pela seguinte equação:

$$NDT (\%) = PBD + FDND + CNFD + 2,25 \times EED$$

em que: PBD = proteína bruta digestível, FDND = fibra em detergente neutro digestível, CNFD = carboidratos não-fibrosos digestíveis, e EED = extrato etéreo digestível.

Os animais foram pesados no início e no final do experimento, sempre após jejum de sólidos de 16 horas, para determinação do ganho médio diário de peso vivo (GMD).

Foram utilizados dois períodos de coleta de fezes de todos os 35 animais, por cinco dias consecutivos, sendo a primeira coleta realizada após 35 dias de experimento e outra na última semana do mesmo, para estimativa da digestibilidade dos nutrientes. A colheita de fezes foi realizada duas vezes ao dia, pela manhã e à tarde, com intervalo de 1,5 horas de um dia para o outro. Ao final de cada dia de colheita, as fezes foram pré-

secas em estufa de ventilação forçada, a 60 °C, por 72 horas, moídas em moinho de facas com peneira contendo crivos de 2 mm para as análises de FDN_i e 1 mm para as demais análises.

A excreção de MS fecal foi estimada utilizando-se o indicador interno FDN_i, com base na razão entre a quantidade de indicador fornecido e sua concentração nas fezes:

$$\text{Matéria seca fecal (g/dia)} = [\text{FDN}_i \text{ ingerido (g)} / \% \text{FDN}_i \text{ nas fezes (\%)}] \times 100$$

No quinto dia de cada uma das coletas de fezes, foram realizadas colheitas *spot* de urina, quatro horas após a alimentação. As amostras foram filtradas em quatro camadas de gaze, homogeneizadas, posteriormente, acondicionadas em recipientes plásticos, devidamente identificados, e congeladas para posteriores análises de uréia, NT e creatinina. Foi realizada uma composta das duas colheitas de urina, para cada animal.

O volume urinário total diário foi estimado dividindo-se a excreção urinária diária de creatinina pelos valores observados de concentração de creatinina na urina, segundo Valadares Filho & Valadares (2001). A estimativa de creatinina foi realizada pelo método diacetil modificado (*kit* comercial) e utilizada para o cálculo de estimativa do volume urinário, com base no valor da excreção diária de creatinina (0,79 mg/kgPC/h) de acordo com Hodgen et al. (1967). As determinações de ácido úrico e uréia também foram realizadas por meio de *kits* comerciais (Labtest).

O balanço de compostos nitrogenados foi obtido pela diferença entre o total de nitrogênio ingerido (N-total) e o total de nitrogênio excretado nas fezes (N-fezes) e na urina (N-urina). A determinação do nitrogênio total nas fezes e na urina foi feita segundo descrito em Silva & Queiroz (2002).

Quatro horas após a alimentação matinal, no quinto dia da coleta de fezes, foi efetuada a coleta de sangue, via punção da veia jugular, utilizando-se tubo de ensaio contendo gel separador, sendo as amostras imediatamente centrifugadas a 4000 rpm, por 20 minutos, para separação do soro, que foi, em seguida, armazenado a -15°C, para posteriores análises, dos níveis séricos das enzimas alaninoaminotransferase (ALT) e aspartatoaminotransferase (AST). Amostras de soro foram enviadas para laboratório comercial para quantificação dos níveis séricos de ALT e AST, utilizando-se o método cinético otimizado ultra-violeta.

Ao final do experimento, todos os animais foram abatidos, com peso ao abate variando entre 30 e 35 kg, por meio de atordoamento mecânico na região do osso frontal, com posterior sangria. Neste estudo, considerou-se como carcaça o produto final do abate dos cordeiros depois de realizadas sangria, esfolagem, evisceração e amputações (cabeça, patas, cauda e testículos). Após o abate, a carcaça foi pesada, obtendo-se o peso de carcaça quente. A carcaça foi, então, acondicionada em uma câmara frigorífica, a 4° C, por 24 horas. Decorrido tal período, a carcaça foi novamente pesada, obtendo-se o peso de carcaça fria. A partir da obtenção dos pesos supracitados, foi obtido o rendimento de carcaça.

Os resultados obtidos foram submetidos a análises de variância e regressão, adotando-se o nível de 5% de probabilidade para o erro tipo I, utilizando-se o programa SAS (Statistical Analysis System).

Resultados e Discussão

A composição química dos ingredientes e das dietas experimentais se encontram na Tabela 2. A composição do FMTS e o FMTU foi similar quanto às frações nutricionais analisadas, exceto para o cálcio, que apresentou maior valor numérico para o FMTU. Pressupõe-se que o menor teor de cálcio no FMTS é devido a perdas decorrentes do processo de detoxificação, uma vez que após o tratamento do farelo com CaO, o mesmo foi seco em terreiro de cimento. O FMTS e o FMTU apresentaram alta fração indigestível da FDN (em média 54,34% da FDN), possivelmente devido aos elevados teores de cutina presentes na casca da mamona. Embora não bem elucidado, há indícios de que o tratamento alcalino tenha rompido parte das ligações tipo éster dos componentes da cutina (Van Soest, 1994), facilitando o acesso dos microrganismos ruminais à fração potencialmente degradável do alimento.

A composição química das dietas experimentais é apresentada na Tabela 3. A principal modificação observada com a substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona ocorreu sobre a composição dos carboidratos, com aumento da fração insolúvel em detergente neutro (FDN). A cutina também contribuiu para esta diferença, correspondendo a cerca de 60,34% da FDN do farelo de mamona, o que indica elevada presença de casca no mesmo (Oliveira et al., 2010). A cutina é a principal fração não-fenólica da lignina bruta, composta por polímeros de ésteres de hidroxi-ácidos graxos de cadeia longa e álcoois, presente na epiderme de tecidos de plantas, conferindo proteção superficial. Embora não forme ligações com carboidratos, por ser indigestível, apresenta-se como barreira à entrada de microrganismos ruminais reduzindo a extensão da degradação (Van Soest, 1994).

Tabela 2 - Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas

Itens (%) ¹	Silagem de milho	Milho grão	Farelo de soja	Farelo de mamona tratado úmido	Farelo de mamona tratado seco	Farelo de mamona não tratado ²	Uréia/SA ³	Mistura mineral
MS	29,82	86,59	88,16	68,22	87,70	89,63	97,60	97,18
MO ⁴	94,59	98,83	98,83	81,81	82,63	87,97	-	-
PB ⁴	6,57	9,64	49,12	35,49	35,78	37,32	265,78	-
PIDN/PB ⁵	12,54	19,57	2,99	15,12	14,48	-	-	-
EE ⁴	3,21	2,94	1,14	0,67	0,76	2,00	-	-
FDN ⁴	49,03	14,06	14,40	41,95	42,52	55,80	-	-
FDN _{cp} ⁴	45,77	10,84	11,31	34,66	35,07	46,50	-	-
FDN _i ⁴	22,94	2,88	2,36	22,55	23,36	-	-	-
FDN _v /FDN	46,79	20,50	16,38	53,75	54,93	-	-	-
CNF ⁴	39,05	75,40	31,81	10,99	11,03	3,92	-	-
Ca ⁴	-	-	-	4,03	3,42	0,89	-	24,61
P ⁴	-	-	-	0,57	0,49	0,70	-	10,87
Mg ⁴	-	-	-	0,37	0,37	0,41	-	1,28
Na ⁴	-	-	-	0,046	0,045	0,05	-	4,50
K ⁴	-	-	-	0,61	0,55	0,91	-	0,25
S ⁴	-	-	-	0,31	0,28	-	2,41	-
Co ⁶	-	-	-	1,83	1,98	-	-	21,07
Cr ⁶	-	-	-	0,36	0,29	-	-	-
Cu ⁶	-	-	-	2,16	2,13	-	-	576,8
Fe ⁶	-	-	-	175,1	163,7	-	-	1045,4
Mn ⁶	-	-	-	12,22	9,08	-	-	362,7
Zn ⁶	-	-	-	9,81	8,66	-	-	2569,8

¹MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, PIDN/PB = proteína insolúvel em detergente neutro por unidade de proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, FDN_i = fibra em detergente neutro indigestível e CNF = carboidratos não fibrosos; ²Valores tabelados (Valadares Filho et al., 2010); ³Mistura de uréia + sulfato de amônio na proporção 9:1, com uréia contendo 47,25% de nitrogênio; ⁴% na MS; ⁵% da PB; ⁶mg/kg na MS.

Não observou-se interação ($P > 0,05$) entre o nível de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona e o tipo de farelo de mamona tratado (seco ou úmido) para nenhuma das características avaliadas neste experimento.

Tabela 3 – Proporção dos ingredientes nas dietas e composição das dietas obtidas, na base da matéria seca

Ingrediente ¹	FS	FMTS		FMTU	
		50%	100%	50%	100%
Proporção (%)					
Silagem de milho	60,5	60,3	60,4	60,4	60,5
Milho grão	20,20	19,75	19,30	19,78	19,45
Farelo de soja	18,00	8,99	-	9,00	-
FMTS	-	9,18	18,07	-	-
FMTU	-	-	-	9,06	17,71
Uréia/SA	-	0,48	0,95	0,48	0,96
Mistura mineral	1,32	1,32	1,31	1,32	1,32
Composição nutricional ² (%)					
MS	52,68	52,81	52,76	50,99	49,20
MO	93,98	92,52	91,11	92,46	91,00
PB	14,76	14,84	14,81	14,79	14,68
PIDN/PB ³	12,08	13,03	13,97	13,07	14,06
EE	2,74	2,69	2,64	2,68	2,63
FDN	35,09	37,53	40,00	37,48	39,86
FDN _{cp}	31,91	33,97	36,06	33,93	35,97
FDN _i	14,88	16,76	18,63	16,67	18,45
FDN _i /FDN	35,39	38,77	42,13	38,64	41,84
CNF	44,57	42,30	40,12	42,34	40,26

¹FS = farelo de soja, FMTS = farelo de mamona tratado seco; FMTU = farelo de mamona tratado úmido; MS = matéria seca, MO = matéria orgânica, PB = proteína bruta, PIDN/PB = proteína insolúvel em detergente neutro por unidade de proteína bruta, EE = extrato etéreo, FDN = fibra em detergente neutro, FDN_{cp} = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; FDN_i = fibra em detergente neutro indigestível e CNF = carboidratos não fibrosos.

²Valores analisados. ³% da PB.

Não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) no consumo de MS, MO, EE, FDN_{cp} e NDT expresso tanto em kg/dia com em g/kgPC (Tabela 4). O valor médio do consumo de MS obtido, 0,986 kg/dia, situa-se próximo ao encontrado por Menezes et al. (2009), 0,885 kg/dia e superior aos 0,830 g/dia recomendados pelo NRC (2007), para ovinos em terminação com peso corporal de 20 kg e ganhos de 200 g/dia.

Tabela 4 – Consumo de matéria seca e frações nutricionais de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido ou seco

Variável ¹	Dieta ²					Contraste ³ (Valor P)						CV (%)
	FS	FMTS		FMTU		LS	LU	QS	QU	LS×LU	QS×QU	
		50%	100%	50%	100%							
CMS (kg/dia)	0,961	0,964	1,024	0,982	1,002	0,811	0,847	0,585	0,995	0,706	0,668	11,4
CMO (kg/dia)	0,904	0,898	0,944	0,913	0,922	0,750	0,933	0,591	0,996	0,725	0,679	11,2
CPB (kg/dia)	0,137	0,146	0,154	0,151	0,149	0,573	0,219	0,935	0,344	0,554	0,501	12,6
CEE (kg/dia)	0,027	0,026	0,026	0,026	0,026	0,515	0,715	0,612	0,792	0,801	0,851	12,5
CFDNcp (kg/dia)	0,279	0,308	0,349	0,305	0,342	0,476	0,527	0,699	0,709	0,942	0,992	10,3
CCNF (kg/dia)	0,461	0,418	0,415	0,430	0,404	0,202	0,494	0,397	0,912	0,598	0,567	11,8
CNDT (kg/dia)	0,646	0,649	0,680	0,664	0,657	0,891	0,638	0,708	0,627	0,596	0,506	11,7
CMS (g/kgPC)	20,68	20,78	22,64	21,16	21,79	0,489	0,715	0,109	0,888	0,358	0,252	5,4
CMO (g/kgPC)	19,45	19,37	20,87	19,67	20,05	0,393	0,890	0,110	0,867	0,386	0,262	5,2
CPB (g/kgPC)	2,94	3,15	3,41	3,25	3,23	0,395	0,025 ⁴	0,759	0,098	0,201	0,128	6,6
CEE (g/kgPC)	0,581	0,554	0,573	0,566	0,572	0,159	0,467	0,177	0,536	0,542	0,562	6,4
CFDNcp (g/kgPC)	6,02	6,67	7,72	6,58	7,45	0,221	0,274	0,267	0,376	0,907	0,857	5,5
CCNF (g/kgPC)	9,91	9,00	9,17	9,26	8,79	0,009 ⁵	0,168	0,038 ⁵	0,737	0,233	0,167	5,8
CNDT (g/kgPC)	13,88	14,00	15,02	14,30	14,09	0,673	0,377	0,248	0,431	0,256	0,136	5,9

¹CMS = consumo de matéria seca, CMO = consumo de matéria orgânica, CPB = consumo de proteína bruta, CEE = consumo de extrato etéreo, CFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, CCNF = consumo de carboidratos não fibrosos, CNDT = consumo de nutrientes digestíveis totais; ²FS = farelo de soja, FMTS = farelo de mamona tratado seco, FMTU = farelo de mamona tratado úmido; ³LS = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, LU = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, QS = efeito quadrático do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, QU = efeito quadrático da substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, LS×LU = comparação entre os tipos de farelo de mamona para o efeito linear; QS×QU = comparação entre os tipos de farelos de mamona para o efeito quadrático, CV = coeficiente de variação; ⁴y = 3,17 + 0,000788 × FMTU (r² = 0,02); ⁵y = 9,33 - 0,0113 × FMTS + 0,000097 × FMTS² (r² = 0,04).

Os resultados observados para o consumo de PB não diferiram entre os tratamentos (P>0,05) quando expresso em kg/dia, no entanto, quando apresentados em g/kgPC (P=0,025) apresentaram diferença, sugere-se que devido ao aumento do consumo de MS para esta mesma unidade.

Não foram observadas diferenças no consumo de FDN_{cp} entre os tratamentos (P=0,05), nas duas formas de representação dos dados, resultado que também foi encontrado por outros autores, (Oliveira et al., 2010; Diniz et al., 2010; Menezes et al., 2009; Cândido et al., 2008) quando o farelo de soja foi substituído por farelo de

mamona. O consumo de CNF apresentou diferença quando apresentado em g/kgPC ($P=0,009$), sendo observado efeito linear e quadrático quando o FS foi substituído pelo FMTS. Sugere-se que devido ao menor teor desta fração nutricional nas dietas contendo FMTS (Tabela 3) à medida que se substituiu o FS pelo FMTS ocorreu uma diminuição no consumo de CNF. Propõe-se que a diferença encontrada somente para o FMTS e não para o FMTU seja devido à variabilidade dos dados. Não foram observadas diferenças no consumo de NDT ($P>0,05$), sendo este 0,659 kg/dia em média, ressaltando que este valor encontra-se próximo ao recomendado pelo NRC (2007) 0,660 kg/dia, para animais em terminação com ganhos de 200 g/dia.

Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) na digestibilidade da MS, MO, PB, EE, FDN_{cp} entre os tratamentos avaliados (Tabela 5), resultados semelhantes foram obtidos por Cândido et. al (2007).

O coeficiente de digestibilidade do CNF apresentou diferença ($P=0,015$) entre os tratamentos, sendo observado efeito quadrático com aumento do nível de substituição do FS pelo FMTS, com ponto máximo em 48,65% de substituição. Sugere-se que devido ao CNF ser obtido por diferença, não foi encontrado explicações plausíveis para esse comportamento dos dados. Não foram observadas diferenças ($P>0,05$) nos teores de NDT das dietas entre os tratamentos avaliados. Oliveira et al. (2010) também não observaram diferenças nos teores de NDT das dietas quando o farelo de soja foi substituído por farelo de mamona.

Tabela 5 – Digestibilidade e teor de nutrientes digestíveis totais em dietas de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farelo de soja por farelo de mamona tratado seco ou úmido

Variável ¹	Dieta ²					Contraste ³ (Valor P)						CV (%)
	FS	FMTS		FMTU		LS	LU	QS	QU	LS×LU	QS×QU	
		50%	100%	50%	100%							
CDMS (%)	64,95	66,06	65,66	66,62	64,74	0,465	0,182	0,538	0,153	0,588	0,519	3,9
CDMO (%)	67,40	68,97	68,47	69,01	66,92	0,267	0,145	0,356	0,106	0,751	0,576	3,5
CDPB (%)	66,05	69,64	74,24	70,87	72,21	0,372	0,064	0,761	0,298	0,381	0,298	5,0
CDEE (%)	75,03	76,01	82,33	77,05	80,05	0,765	0,789	0,328	0,856	0,619	0,534	7,4
CDFDN _{cp} (%)	41,48	42,94	45,36	44,52	41,50	0,808	0,143	0,808	0,128	0,280	0,172	9,7
CDCNF (%)	85,48	88,31	86,31	87,14	87,02	0,012 ⁴	0,281	0,015 ⁴	0,431	0,187	0,180	2,7
NDT (%)	67,22	61,66	66,31	67,57	64,73	0,723	0,368	0,555	0,128	0,631	0,459	10,4

¹CDMS = coeficiente de digestibilidade da matéria seca, CDMO = coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica, CDPB = coeficiente de digestibilidade da proteína bruta, CDEE = coeficiente de digestibilidade do extrato etéreo, CDFDN_{cp} = coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína, CDCNF = coeficiente de digestibilidade dos carboidratos não fibrosos e NDT = nutrientes digestíveis totais; ²FS = farelo de soja, FMTS = farelo de mamona tratado seco, FMTU = farelo de mamona tratado úmido; ³LS = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, LU = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, QS = efeito quadrático do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, QU = efeito quadrático da substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, LS×LU = comparação entre os tipos de farelo de mamona para o efeito linear; QS×QU = comparação entre os tipos de farelos de mamona para o efeito quadrático, CV = coeficiente de variação; ⁴y = 86,55 + 0,0907 × FMTS – 0,000932 × FMTS² (r² = 0,13).

O peso vivo final (PVF), o ganho médio diário (GMD), o peso de carcaça quente (PCQ), o peso de carcaça fria (PCF) e o rendimento de carcaça fria (RDF), não diferiram entre as dietas avaliadas (P>0,05) (Tabela 6). Isto se deve ao consumo similar de MS, PB e NDT entre as dietas. É fato reconhecido que o consumo de nutrientes é o principal determinante do desempenho animal. A substituição do FS pelo farelo de mamona tratado, seco ou úmido, não prejudicou o desempenho dos animais. Observam-se, na literatura, resultados semelhantes, sem alterações no desempenho de ovinos, quando o farelo de soja foi substituído por farelo de mamona em níveis de 0 a 45% (Menezes et al., 2009) e de 0 a 100% (Cândido et al., 2007). Em estudos com bovinos de corte, também é relatada ausência de diferença no desempenho dos animais quando

da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado, tanto para animais em pastejo (Barros et al., 2011) quanto em confinamento (Diniz et al., 2010).

Tabela 6 – Desempenho e rendimento de carcaça de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido ou seco

Variável ¹	Dieta ²					Efeito ³ (Valor P)						CV (%)
	FS	FMTS		FMTU		LS	LU	QS	QU	LS×LU	QS×QU	
		50%	100%	50%	100%							
PVI (kg)	21,1	21,3	21,0	20,9	22,1	-	-	-	-	-	-	8,7
PVF (kg)	36,1	35,6	34,6	35,9	34,8	0,783	0,701	0,935	0,779	0,926	0,878	9,9
GMD (g/dia)	223,2	205,0	203,4	214,6	197,4	0,496	0,909	0,658	0,823	0,629	0,610	18,2
PCQ (kg)	16,5	16,8	15,8	17,0	16,1	0,790	0,738	0,663	0,678	0,953	0,991	12,5
PCF (kg)	16,1	16,2	15,4	16,4	15,6	0,914	0,874	0,811	0,782	0,965	0,980	12,6
RCQ (%)	44,5	45,4	44,8	45,8	44,0	0,268	0,067	0,291	0,041 ⁴	0,511	0,411	3,2
RCF (%)	43,3	43,7	43,6	44,3	42,8	0,642	0,120	0,690	0,075	0,339	0,272	3,2
PR (%)	2,69	3,72	2,76	3,16	2,80	<0,001 ⁵	0,035 ⁶	<0,001 ⁷	0,041 ⁸	0,022	0,030	13,2

¹PVI = peso vivo inicial, PVF = peso vivo final, GMD = ganho médio diário, PCQ = peso de carcaça quente, PCF = peso de carcaça fria, RCQ = rendimento de carcaça quente, RCF = rendimento de carcaça fria, PR = perda por resfriamento da carcaça. ²FS = farelo de soja, FMTS = farelo de mamona tratado seco, FMTU = farelo de mamona tratado úmido. ³LS = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, LU = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, QS = efeito quadrático do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, QU = efeito quadrático da substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, LS×LU = comparação entre os tipos de farelo de mamona para o efeito linear; QS×QU = comparação entre os tipos de farelos de mamona para o efeito quadrático, CV = coeficiente de variação. ⁴y = -0,0006x² + 0,0548x + 44,53 (r² = 0,18); ⁵y = 0,000832x + 2,99 (r² = 0,004); ⁶y = -0,00163x + 3,06 (r² = 0,01); ⁷y = -0,000363x² + 0,035x + 2,88 (r² = 0,43); ⁸y = -0,0000999x² + 0,0077x + 3,03 (r² = 0,05).

Observou-se um efeito quadrático (P=0,041) para o rendimento de carcaça quente (RCQ), quando o FS foi substituído pelo FMTU (Tabela 6), com ponto máximo em 45,66%. Comportamento semelhante foi observado para as perdas por resfriamento da carcaça após 24 horas (Tabela 6), também com efeito quadrático (P<0,001), em função do nível de substituição do FS pelo FMTS e FMTU (P=0,041). Supõe-se que, devido aos maiores valores de RCQ as perdas por resfriamento foram mais acentuadas nas carcaças dos animais que receberam esta dieta, resultando nestas diferenças. As maiores perdas por resfriamento, nos tratamentos com maior rendimento de carcaça quente,

tornaram os resultados de rendimento de carcaça fria menos variáveis, de forma a não serem observadas diferenças ($P>0,05$) para esta característica entre os tratamentos.

Não foram encontrados argumentos para explicar o efeito quadrático dessas características de carcaça, embora efeito semelhante tenha sido observado por Cândido et al. (2007), que verificaram efeito quadrático na eficiência alimentar de cordeiros alimentados com farelo de mamona, com melhor valor de eficiência alimentar ao nível de 46% de substituição do farelo de soja por farelo de mamona, em níveis que variaram de 0 a 100%.

Sugere-se que o farelo de soja pode ser completamente substituído pelo farelo de mamona destoxificado, já seco, ou ainda úmido, sem prejudicar o ganho de peso e o rendimento de carcaça fria de ovinos em crescimento, para adição de até 18% de farelo de mamona tratado à dieta, com base na matéria seca.

Um fato interessante a ser destacado, é a relação positiva ($r = 0,68$; $P<0,001$) entre o peso corporal final e o rendimento de carcaça fria, conforme demonstrado na Figura 1. Este fato se deve provavelmente à estagnação do crescimento visceral com o aumento do peso vivo e a maior deposição de tecido muscular e adiposo com aumento do peso vivo dos animais.

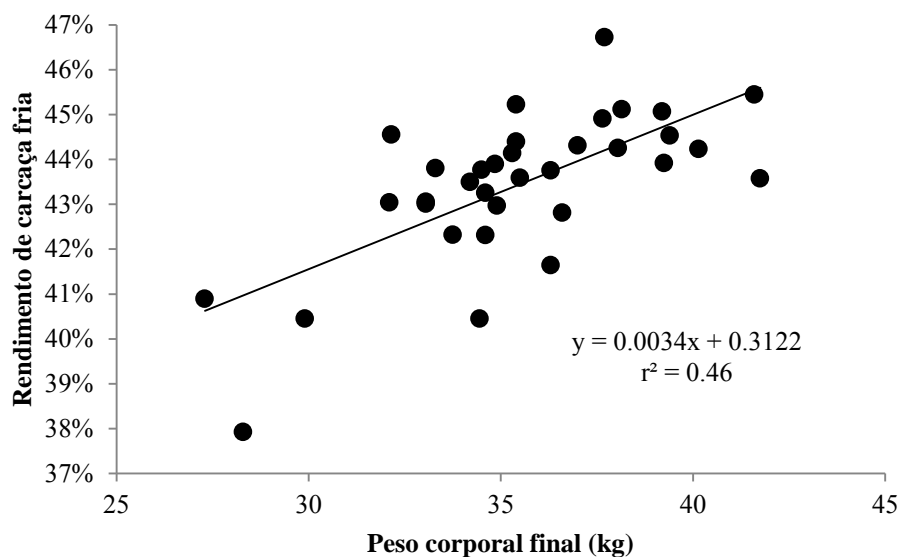


Figura 1 – Relação entre o peso corporal final e o rendimento de carcaça fria em cordeiros confinados.

As variáveis correspondentes ao balanço de nitrogênio e à excreção urinária de uréia são apresentadas na Tabela 7. Da mesma forma que para a ingestão de proteína bruta (Tabela 4), não foram observadas diferenças ($P > 0,05$) na ingestão de nitrogênio, ressaltando-se que os dados apresentados na Tabela 7 correspondem às duas semanas de colheitas de fezes e urina, enquanto os dados da Tabela 4 correspondem a todo o período experimental.

O nitrogênio fecal quando apresentado em g/dia ($P > 0,05$) não apresentou diferença. No entanto, quando apresentado em % do N ingerido apresentou efeito linear negativo ($P = 0,050$) em função do aumento do nível de substituição do FS pelo FMTS e FMTU ($P = 0,045$). Este fato deve-se, supostamente, à variação na relação entre a proteína degradável no rúmen (PDR) e a proteína não degradável no rúmen (PNDR) entre as dietas avaliadas.

Tabela 7 – Balanço de nitrogênio e excreção urinária de uréia em cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido ou seco

Variável ¹	Dieta ²					Contraste ³ (Valor P)						CV (%)
	FS	FMST		FMTU		LS	LU	QS	QU	LS×LU	QS×QU	
		50%	100%	50%	100%							
N ingerido (g/dia)	28,20	27,87	29,36	30,23	27,73	0,554	0,398	0,439	0,383	0,224	0,211	12,6
N fecal (g/dia)	9,16	8,71	8,06	8,82	7,98	0,672	0,743	0,773	0,757	0,935	0,985	8,9
N urinário (g/dia)	12,02	15,04	13,92	14,81	12,31	<0,001 ⁴	0,001 ⁴	0,002 ⁴	0,002 ⁴	0,723	0,893	9,5
N retido	7,02	5,87	7,05	6,62	7,43	0,148	0,501	0,132	0,378	0,499	0,627	22,4
N fecal (% NI)	32,51	29,42	27,82	29,34	28,74	0,050 ⁵	0,045 ⁵	0,420	0,247	0,963	0,776	6,2
N urinário (%NI)	42,71	50,90	48,22	48,78	44,72	<0,001 ⁶	0,010 ⁶	0,004 ⁶	0,015 ⁶	0,404	0,724	7,7
N retido (% NI)	24,78	19,68	23,96	21,88	26,54	0,023 ⁷	0,149	0,024 ⁷	0,087	0,442	0,655	17,1
PB no ganho (%)	19,67	20,59	22,31	19,47	23,98	0,939	0,711	0,903	0,484	0,703	0,654	31,7
Uréia (g/dia)	15,75	24,36	15,56	32,92	16,73	0,020 ⁸	<0,001 ⁸	0,016 ⁸	<0,001 ⁸	0,051	0,083	32,3

¹NI = nitrogênio ingerido, PB = proteína bruta. ²FS = farelo de soja, FMST = farelo de mamona tratado seco, FMTU = farelo de mamona tratado úmido. ³LS = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, LU = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, QS = efeito quadrático do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, QU = efeito quadrático da substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, LS×LU = comparação entre os tipos de farelo de mamona para o efeito linear; QS×QU = comparação entre os tipos de farelos de mamona para o efeito quadrático, CV = coeficiente de variação; ⁴y = 12,02 + 0,101 × FMST + 0,091 × FMTU - 0,00082 × FMST² - 0,00087 × FMTU² (r² = 0,49); ⁵y = 31,93 - 0,0429 × FMST - 0,0359 × FMTU (r² = 0,42); ⁶y = 42,71 + 0,272 × FMST + 0,200 × FMTU - 0,00217 × FMST² - 0,00184 × FMTU² (r² = 0,44); ⁷y = 23,24 - 0,150 × FMST + 0,00157 × FMST² (r² = 0,23); ⁸y = 15,75 + 0,333 × FMST + 0,656 × FMTU - 0,00335 × FMST² - 0,00643 × FMTU² (r² = 0,53).

Variações nos níveis de PDR e PNDR podem alterar o metabolismo e excreção de nitrogênio em ruminantes (Bunting et al., 1989; Bach et al., 2005). Em função da adição de uréia concomitante à substituição de farelo de soja por farelo de mamona, é provável que, embora fossem isonitrogenadas, as dietas com maior quantidade de farelo de mamona teriam também maior relação PDR/PNDR. Dessa forma, maior quantidade de nitrogênio pode ter sido degradada no rúmen, transformando-se em amônia e sendo absorvido no próprio rúmen. Dessa forma, com menor quantidade de N no fluxo intestinal, espera-se que a excreção de N fecal seja menor em relação ao N ingerido. Por outro lado, a maior quantidade de N absorvida no rúmen na forma de amônia é metabolizada no fígado, tendo o acréscimo da excreção de uréia e N urinário também

aumentado. O resultado observado para a excreção urinária de N (Tabela 7) corrobora com esta suposição, exceto pelo fato de ter sido observado efeito quadrático ($P=0,002$), com maior excreção de N via urina nos tratamentos com 50% de substituição.

O efeito quadrático na excreção de N via urina também refletiu na excreção urinária de uréia ($P=0,016$) e ($P<0,001$).

Em função dos efeitos distintos observados nas excreções de N via fezes e urina, já explicados, não foram observadas diferenças na retenção de N entre os tratamentos ($P>0,05$) em valores brutos (g/dia). Porém, quando o N retido foi apresentado em % do N ingerido, observou-se efeito quadrático ($P=0,024$), com retenção de N mínima aos 47,77% de substituição do FS pelo FMTS. Na literatura consultada não foram observados resultados semelhantes e não há explicação biológica para tal fato.

Autores que estudaram o efeito de diferentes níveis de PDR e PNDR no metabolismo de N em ovinos (Atkinson et al., 2007) observaram efeito quadrático na digestibilidade da FDN, também sem causa aparente. Porém, esses mesmos autores, observaram somente efeitos lineares positivos nas excreções e retenção de N em função do aumento de PNDR na dieta.

Swanson et al. (2004) observaram efeito quadrático positivo na retenção de N quando infundiram diferentes proporções de caseína via rúmen ou abomaso em ovinos. Segundo esses autores, o efeito quadrático, com retenção máxima de N, ocorreu possivelmente devido a um melhor balanço entre a caseína infundida com a PNDR da dieta. No caso desse experimento, como o efeito quadrático sobre a retenção de N foi negativo, ou seja, com ponto de mínimo, o mesmo raciocínio não pode ser aplicado.

Como o GMD não diferiu ($P>0,05$) entre os tratamentos avaliados, poderia supor-se, com base nos resultados de retenção de N, que os animais do tratamento com 50% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado seco tivessem menor

proporção de proteína no ganho, indicando menor deposição de tecido magro, fato este que, porém, não foi observado (Tabela 7). Como a estimativa da % de PB no ganho é resultado do produto de outras estimativas e carrega os erros aleatórios dessas estimativas, observa-se alta variabilidade nos dados (CV = 31,7%), de forma que é possível que as diferenças supostas não pudessem ser observadas.

Os resultados da análise do funcionamento hepático são apresentados na Tabela 8, onde são mostrados os níveis séricos das enzimas aspartato aminotransferase (AST) e alanino aminotransferase (ALT). Os níveis séricos de AST e ALT constituem em indicadores de função hepática, os quais se elevam na ocorrência de lesão hepática e estão associados à ocorrência de intoxicação por ricina em ratos e ovinos (Kumar et al., 2003; Aslani et al., 2007).

Tabela 8 – Função hepática de cordeiros alimentados com dietas contendo diferentes níveis de substituição de farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido ou seco

Variável ¹	Dieta ²					Efeito ³ (Valor P)						CV (%)
	FS	FMTS 50% 100%		FMTU 50% 100%		LS	LU	QS	QU	LS×LU	QS×QU	
AST (UI/L)	113,6	104,6	109,9	106,8	119,8	0,485	0,392	0,544	0,271	0,889	0,693	14,3
ALT (UI/L)	17,6	19,0	20,1	19,9	20,6	0,595	0,629	0,844	0,965	0,967	0,855	18,3

¹AST = aspartato aminotransferase, ALT = alanino aminotransferase. ²FS = farelo de soja, FMTS = farelo de mamona tratado seco, FMTU = farelo de mamona tratado úmido. ³LS = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, LU = efeito linear do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, QS = efeito quadrático do nível de substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado seco, QU = efeito quadrático da substituição do farelo de soja por farelo de mamona tratado úmido, LS×LU = comparação entre os tipos de farelo de mamona para o efeito linear; QS×QU = comparação entre os tipos de farelos de mamona para o efeito quadrático, CV = coeficiente de variação.

Durante o período experimental não foram observados sintomas clínicos de intoxicação nos animais. Não foram observadas diferenças (P>0,05) para os níveis séricos ALT e AST entre as dietas avaliadas. Os níveis séricos de AST estão dentro dos níveis normais sugeridos para a espécie, de 60 a 280 UI/L (Radostits et al., 2010) e de 0 a 90 UI/L (Kaneko et al., 1997).

Já os níveis séricos de ALT observados estão um pouco abaixo dos níveis normais sugeridos, de 22 a 28 UI/L (Radostits et al., 2010). Observa-se, porém, na literatura, sugestão para níveis normais de ALT variando de 0 a 30 UI/L (Kaneko et al., 2007). Boyd e Ford (1967) relataram flutuações nos níveis séricos de ALT em ovinos sem haver correlação com causas aparentes.

Radostits et al. (2010) ressaltam que os níveis séricos de somente uma das duas enzimas analisadas não é suficiente para diagnosticar algum dano clínico, por isso a análise deve ser feita de forma conjunta. Dessa forma, embora não seja possível afirmar a razão dos menores valores séricos de ALT, é provável que isso não tenha representado nenhum problema hepático nesses animais, a julgar pelo desempenho observado (Tabela 6). No entanto, na literatura são reportados níveis séricos de ALT menores do que os observados neste experimento (6,4 UI/L) sem haver alteração na condição clínica dos animais (Nunes et al., 2010).

Conclusões

O farelo de soja pode ser parcial ou totalmente substituído pelo farelo de mamona tratado com óxido de cálcio micropulverizada, nas formas seca ou úmida, na dieta de ovinos em confinamento, quando alimentados até o nível de 18% da MS total.

Referencias Bibliográficas

- ASLANI, M.R.; MALEKI, M.; MOHRI, M. et al. Castor bean (*Ricinus communis*) toxicosis in a sheep flock. **Toxicon**, v.49, n.1, p.400-406, 2007.
- ATKINSON, R.L.; TOONE, C.D.; ROBINSON, T.J. et al. Effects of supplemental ruminally degradable protein versus increasing amounts of supplemental ruminally undegradable protein on nitrogen retention, apparent digestibility, and

- nutrient flux across visceral tissues in lambs fed low-quality forage. **Journal of Animal Science**, v.85, n.12, p.3331-3339, 2007.
- BACH, A.; CALSAMIGLIA, S.; STERN, M. D. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.88, n.1, p.E9-E21, 2005.
- BOYD, J.W.; FORD, E.J.H. Normal variation in alanine aminotransferase activity in sheep and cattle. **The Journal of Agricultural Science**, v.68, n.3, p.385-389, 1967.
- BUNTING, L. D.; BOLING, J. A.; MACKOWN, C. T. Effect of dietary protein level on nitrogen metabolism in the growing bovine: I. Nitrogen recycling and intestinal protein supply in calves. **Journal of Animal Science**, v.67, n.3, p.810-819, 1989.
- CÂNDIDO, M.J.D.; VIEIRA, M.M.M.; BOMFIM, M.A.D. et al. Consumo e desempenho de ovinos alimentados com dietas contendo quatro níveis de farelo de mamona. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45., 2007, Lavras – MG. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007. CD-ROM.
- CHIZZOTTI, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Excreção de creatinina em novilhos e novilhas. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 41., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. (CD-ROM).
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets, **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.4, p.980-984, 2010.
- DINIZ, L.L.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. Effects of castor meal on the growth performance and carcass characteristics of beef cattle. **Asian Australasian Journal of Animal Science**, v.23, n.10, p.1308-1318, 2010.
- DINIZ, L.L.; VALADARES FILHO, S.C.; OLIVEIRA, A.S. et al. Castor bean meal for cattle finishing: 1 - Nutritional parameters. **Livestock Science**, v.135, n.2, p.153-167, 2011.
- HODGEN, G.D.; ERB, R.E.; PLOTKA, E.D. Estimating creatine excretion in sheep. **Journal of Animal Science**, v.26, n.3, p.586-589, 1967.
- KANEKO J.J.; HARVEY, D.W.; BRUSS, W.L. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5.ed. New York: Academic Press, 1997. 932p.
- KUMAR, O.; SUGENDRAN, K.; VIJAYARAGHAVAN, R. Oxidative stress associated hepatic and renal toxicity induced by ricin in mice. **Toxicon**, v.41, p.333-338, 2003.
- LICITTRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

- MENEZES, D.R.; COSTA, R.G.; ARAÚJO, G.G.L. et al. Desempenho e ganho de peso de cordeiros alimentados com farelo de mamona. In: Simpósio Internacional Sobre Caprinos e Ovinos de Corte, 4., 2009, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa, 2009. CD-ROM.
- MERTENS, D.R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beaker or crucibles: collaborative study. **Journal of AOAC International**, v.85, p.1217-1240, 2002.
- NRC – National Research Council. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids**. National Academy of Science, Washington, D.C. 2007. 347p.
- NUNES, A.S.; OLIVEIRA, R.L.; AYRES, M.C.C. et al. Condição hepática de cordeiros mantidos com dietas contendo torta de dendê proveniente da produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1825-1831, 2010.
- OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, M.R.C. et al. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castorseed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology**, v.158, n.1, p.15-28, 2010.
- OLIVEIRA, A.S.; OLIVEIRA, M.R.C.; CAMPOS, J.M.S. et al. Eficácia de diferentes métodos de destoxificação da ricina do farelo de mamona. In: Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2., 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT/ABIPTI, p.1-6, 2007. CD-ROM
- RADOSTITS, O.M.; GAY, C.C.; BLOOD, D.C. et al. **Clínica Veterinária: um tratado de doenças dos bovinos, ovinos, suínos, caprinos e equinos**. 10.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2010, 1737p.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002. 235p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM – SAS. **SAS/STAT user's guide**. v.2, 4.ed, Cary: 1989. 846p.
- SWANSON, K.C.; FREETLY, H.C.; FERRELL, C.L. Nitrogen balance in lambs fed a high-concentrate diet and infused with differing proportions of casein in the rumen and abomasum. **Journal of Animal Science**, v.82, n.2, p.495-501, 2004.
- VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.D.F. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: SINLEITE - Simpósio Internacional Novos Conceitos em Nutrição, 2., Lavras. **Anais...** Lavras, p.229-247, 2001.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In Cornell Nutrition Conference for Feed Manufacturers, 61., 1999, **Proceedings...**, Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

