

LUCIANA DE LACERDA DINIZ

DESEMPENHO E AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE DIETAS CONTENDO
FARELO DE MAMONA PARA BOVINOS

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
2009

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

T

D585d
2009
Diniz, Luciana de Lacerda, 1985-
Desempenho e avaliação nutricional de dietas contendo
farelo de mamona para bovinos / Luciana de Lacerda Diniz.
– Viçosa, MG, 2009.
xii, 84f.: il. ; 29cm.

Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Bovino - Alimentação e rações. 2. Bovino - Registros
de desempenho. 3. Soja como ração. 4. *Ricinus communis*.
5. Urina. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

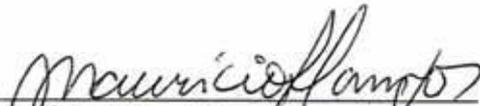
CDD 22.ed. 636.20855

LUCIANA DE LACERDA DINIZ

DESEMPENHO E AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DE DIETAS CONTENDO
FARELO DE MAMONA PARA BOVINOS

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: 15 de Julho de 2009


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


Prof. Rilene Ferreira Diniz Valadares
(Co-Orientador)


Prof. André Soares de Oliveira


Prof. Douglas dos Santos Pina


Prof. Sebastião de Campos Valadares Filho
(Orientador)

**À Deus, por se fazer presente em todos os dias da minha vida, por ser minha força,
meu amparo, meu amigo...**

Sem Ele, eu não teria chegado até aqui!

Obrigada Senhor por fazer parte da minha vida!

“Posso, tudo posso Naquele que me fortalece

Nada e ninguém no mundo vai me fazer desistir

Quero, tudo quero, sem medo entregar meus projetos

Deixar-me guiar nos caminhos que Deus desejou pra mim e ali estar

Vou perseguir tudo aquilo que Deus já escolheu pra mim

Vou persistir, e mesmo nas marcas daquela dor

Do que ficou, vou me lembrar...”

Celina Borges

Aos meus pais, Rosa e Osmar, e a minha irmã, Carolina, que, mesmo sem muitas vezes entender como as coisas aqui são, não me negaram força e incentivo para lutar pelos meus sonhos.

Aos meus queridos amigos Braulio, Fernanda e Miguel pelo companheirismo, amizade, solidariedade nos momentos mais difíceis, sinceridade, confiança ... Obrigada pelas madrugadas nas coletas, pelos gráficos, pelos cinemas, pelos almoços, pelo ombro pra chorar, enfim por todos estes seis anos e meio de união! Obrigada por confiarem em mim! Amo vocês...

Ao meu “irmão” Mozart, pela amizade, cumplicidade, lealdade, sinceridade. Por você ser quem é, e assim se tornar uma pessoa incomparável! Você é muito importante para mim, obrigada por todos estes anos de companheirismo. Deus esteja com você sempre! E sempre que precisar de alguém pra organizar sua vida e suas apresentações é só falar! Você será pra sempre... meu querido irmão!

A minha amiga, irmã e eterna vizinhaaa Ana Paula! Ter você em minha vida é uma benção de Deus, obrigada pela sua amizade, pelos conselhos e palavras sempre na hora certa. Por todos os passeios, viagens, parcerias (a consultoria ta de pé, viu?), dias de estudos... Que Jesus abençoe sempre sua vida e ilumine sua caminhada!
Te amodoroo muito!

Ao Hebert, pelo carinho, incentivo, força, amizade, amor... Por estar sempre disposto a me ouvir, me consolar e me ajudar mesmo sem poder estar presente na maioria das vezes! Obrigada por tudo, você é muito importante em minha vida!
Amo você!

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e minha irmã.

Aos tios, primos e familiares que sempre torceram por mim.

Ao Hebert pelo carinho, paciência, compreensão e incentivo.

Aos meus queridos amigos Ana Paula, Bráulio, Eric, Fernanda e Miguel, que mesmo sendo de outras áreas sempre estiveram ao meu lado me apoiando!

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia, por tornar possível a realização deste curso.

Ao Professor Sebastião de Campos Valadares Filho, meu mestre, por confiar em mim desde a graduação e assim tornar possível a realização desta conquista. Obrigada pelos valiosos ensinamentos e pela excelente orientação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) pelo financiamento parcial dos experimentos com co-produtos da extração do óleo de mamona na alimentação animal.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo financiamento parcial dos experimentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento parcial dos experimentos.

Aos professores José Maurício de Souza Campos, Rilene Ferreira Diniz Valadares, André Soares de Oliveira e Douglas dos Santos Pina pelas orientações e valiosas contribuições para a realização deste trabalho.

À Maria Ignez Leão e ao Joelson pela fistulação dos animais e pela ajuda sempre que necessária.

À Márcia Rodrigues Carvalho Oliveira, pela realização das análises eletroforéticas deste trabalho.

Aos professores Cláudio Borela, José Augusto de Azevedo e José Francisco da Silva (Juquinha) pela amizade, força e incentivos durante estes anos.

A melhor e mais eficiente “equipe” de trabalho que já existiu no DZO formada por: Ana Tereza, Geraldo, João Paulo (Jhony), Leandro, Mozart, Natanael (Pum) e Pedro (Pedrão). Muito obrigada por cada dia de ajuda, sem vocês eu não teria chegado até aqui.

Aos meus amigos Cidinha, Fabiana (Pamonha), Frederico (Fred), Karina, Karla, Leandro (Leandrex), Mara, Raquel (cumadre), Sara Hoppe e Xiomara pela amizade e incentivo.

Aos meus amigos e colegas de Pós-graduação Evaristo, Gustavo, João Paulo (Jhony), Laura, Lívia, Márcio, Mateus, Mozart, Rafael e Verônica pela ajuda sempre bem vinda quando o “serviço apertava”.

Aos funcionários José Geraldo (Zezé), Marcelo, Natanael (Pum) e Sr. Jorge pela ajuda indispensável durante a realização dos experimentos e pelo agradável convívio.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Agrícola Edson e Sr. “Katitu” pela indispensável ajuda durante os meses que passei por lá.

Aos funcionários Vicente, Vanor e Divino pela ajuda durante os abates dos animais.

Aos funcionários Edson Agostinho Pereira (informática), Edson Santos (xerox), Márcia, Supimpa e Venâncio por sempre me ajudarem quando necessário, pela amizade e convivência.

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

BIOGRAFIA

LUCIANA DE LACERDA DINIZ, filha de Osmar Cândido Diniz e Rosa Maria de Lacerda Diniz, nasceu em Belo Horizonte, Minas Gerais, em 12 de abril de 1985.

Em agosto de 2007, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa.

Em agosto de 2007, iniciou o Curso de mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de tese em 15 de Julho de 2009.

CONTEÚDO

RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
Literatura citada.....	11
Consumo, desempenho e características de carcaça de bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona.....	14
Resumo.....	14
Abstract.....	15
Introdução.....	16
Material e Métodos.....	18
Resultados e Discussão.....	26
Conclusões.....	38
Literatura Citada.....	39
Avaliação Nutricional do Farelo de Mamona para Bovinos em Terminação.....	41
Resumo.....	41
Abstract.....	42
Introdução.....	43
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	56
Conclusões.....	78
Literatura Citada.....	79
Conclusões Gerais.....	83

RESUMO

DINIZ, Luciana de Lacerda, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Julho de 2009.
Desempenho e avaliação nutricional de dietas contendo farelo de mamona para bovinos. Orientador: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-orientadores: Rilene Ferreira Diniz Valadares e José Maurício de Souza Campos.

A cultura da mamona (*Ricinus Communis* L.) é uma das mais tradicionais no semi-árido brasileiro, sendo de relevância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais. Assim, a expectativa de crescimento desta cultura cria inúmeras oportunidades para a produção de ruminantes, através da oferta potencial de torta e farelo de mamona, principais co-produtos dessa cultura. Neste sentido avaliou-se a utilização do farelo de mamona como substituto do farelo de soja em dois experimentos. No **experimento I**, objetivou-se avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com cal (FMT) ou não (FMNT) sobre o consumo de nutrientes, desempenho, características de carcaça e rendimentos de cortes comerciais de bovinos de corte terminados em confinamento. Foram utilizados 30 bovinos machos, castrados, mestiços zebuínos, com peso médio inicial de $360 \text{ kg} \pm 30,27$, dos quais, os cinco compondo o grupo referência foram abatidos ao início do experimento, e os outros 25 foram distribuídos em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco blocos (repetições), sendo o peso corporal considerado critério para blocos. Os animais foram alimentados com uma dieta contendo 65% de silagem de milho e 35% de concentrado na base da MS. Foram utilizadas cinco dietas que consistiram de quatro níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo FMT: 0, 33, 67 e 100%, na base da MS e uma dieta com 100% de substituição do FS pelo FMNT. Ao final do experimento, todos os animais foram abatidos, seus tratos gastrintestinais esvaziados para determinação do peso de corpo vazio. Não foram observados efeitos significativos ($P > 0,05$) da substituição do farelo de soja pelo FMT sobre o consumo dos constituintes da dieta, ganho de peso corporal (GP) e ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Apesar do maior ($P < 0,05$) consumo de ricina para a dieta contendo FMNT (3,06 mg/kgPC) em relação à dieta com FMT (0,10 mg/kgPC/dia), não houveram efeitos ($P > 0,05$) sobre o consumo dos constituintes da dieta, GP e GPCVZ. O consumo de MS e GP médio foram de 10,66 e 1,44 kg/dia. Para as características de carcaça, apenas o rendimento de carcaça em relação ao peso corporal foi afetado, sendo observado redução linear ($P < 0,05$) do mesmo com a substituição do FS pelo FMT. Não houve

efeito ($P>0,05$) da substituição do FS pelo FMT e do tratamento com cal do FMNT sobre o rendimento de cortes básicos da carcaça. Preços do FMT acima de 85% do preço do FS (base MS) não justificam economicamente seu uso. Para preços do FMT entre 20 a 80% o nível ótimo foi de 67% de substituição, enquanto que preços abaixo de 15% do FS, o nível ótimo foi de 100% de substituição do FS pelo FMT. No **experimento II**, objetivou-se avaliar o efeito da substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com cal (FMT) ou não (FMNT) sobre os consumos e digestibilidades totais, ruminais e intestinais dos constituintes da dieta, o pH e as concentrações de amônia no rúmen, a excreção de N-uréico na urina, a cinética de degradação ruminal dos alimentos protéicos e a estimativa da produção de proteína microbiana obtida através dos derivados de purinas urinários ou das bases de purina no abomaso. Foram utilizados cinco bovinos machos, castrados, mestiços zebuínos, com peso médio inicial de $360 \text{ kg} \pm 30,27$, fistulados no rúmen e abomaso. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 5x5, sendo cinco animais, cinco períodos e cinco tratamentos. Cada período experimental teve a duração de 14 dias, sendo oito de adaptação e seis dias para as coletas. Os cinco tratamentos consistiram de quatro níveis de substituição do FS pelo FMT: 0, 33, 67 e 100%, na base da MS e um tratamento com 100% de substituição do FS pelo FMNT. A dieta foi constituída de 35% de concentrado na base da MS. Verificou-se que apenas a digestibilidade da MS foi reduzida ($P<0,05$) pelo tratamento alcalino do farelo de mamona. Com exceção da digestibilidade aparente ruminal da PB (DRPB), não houve efeito da cal ($P>0,05$) sobre a digestibilidade dos demais constituintes. Observou-se um incremento de 24,2% da DRPB ($P<0,05$) para o FMNT em relação ao FMT. As digestões intestinais dos constituintes da dieta não foram afetadas pelo nível de substituição do FS pelo FMT. Porém, o tratamento alcalino do FMNT reduziu ($P<0,05$) a digestão intestinal do EE. Não houve interação ($P>0,05$) entre tratamento e tempo sobre o pH ruminal, porém o pH foi influenciado ($P<0,05$) pelo tempo de coleta das amostras, sendo o valor mínimo observado de 6,23, às 5,8 horas após o fornecimento da alimentação. Houve interação ($P<0,05$) entre tratamentos e tempos de amostragem para as concentrações de N-NH₃. Não foi observada diferença ($P>0,05$) para as excreções de compostos nitrogenados na urina em função dos níveis de substituição do FS pelo FMT e do tratamento alcalino do FMNT. A relação N-RNA:N-total dos microrganismos não foi afetada pelos níveis de FMT, apresentando média de 0,138. Não foram detectadas diferenças ($P>0,05$) entre os dois métodos de coleta para estimar a produção de proteína bruta microbiana. O farelo de mamona tratado com 6%

de cal pode substituir totalmente o farelo de soja em dietas de bovinos mestiços em confinamento. O farelo de mamona sem tratamento apresentou resultados satisfatórios, contudo considerando o perigo da presença de ricina, cautela deve ser tomada em sua utilização.

ABSTRACT

DINIZ, Luciana de Lacerda, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2009.
Performance and nutritional evaluation of diets containing castor meal to cattle. Advisor: Sebastião de Campos Valadares Filho. Co-advisors: Rilene Ferreira Diniz Valadares, José Maurício de Souza Campos.

The castor bean (*Ricinus communis* L.) has been traditionally cultivated in some parts of Brazil with an economic and social role. Thus, because of the high potential of productivity that this culture shows, there is a possibility to increase the use of the castor beans by-products as a protein source in ruminant diets. In order to evaluate the use of castor bean meal as a substitute for soybean meal, were developed two experiments. **The experiment I**, was carried out aiming to evaluate the effect of replacing soybean meal (SM) by castor bean meal treated with 6% of calcium oxide (CMT) or not (CMWT) on nutrients intake, performance, carcass traits and commercial cuts yield of feedlot cattle. Thirty *Bos indicus* steers with $360 \text{ kg} \pm 30,27$ of initial body weight (BW) were used. From this group, five animals were slaughtered on the beginning of the experiment to be used as a reference group and the 25 animals remaining were blocked into five groups based on initial BW and allotted randomly to one to five treatments (five animals per treatment). The animals were fed with 65% of corn silage and 35% concentrate, in dry matter basis (DM). It was used five diets with four levels of SM replaced by CMT: 0, 33, 67 and 100%, in the DM basis and one treatment with 100% of SM replaced by CMWT. At the end of the experiment, all animals were slaughtered and its viscera cleaned to determine the empty body weight (EBW). There were no significant effects ($P>0,05$) to the substitution of SM by CMT on the constituents of the diet intake, body weight gain (WG) and empty body weight gain (EBWG). Despite the higher ($P<0,05$) ricin intake for diets with CMWT (3,06 mg/kgBW) in relation to diet with CMT (0,10 mg /kgBW/day), there were no effect ($P>0,05$) on the constituents of the diet intake, WG and EBWG. The DM intake and WG were 10,66 and 1,44 kg/day on average. The carcass dressing in relation to body weight was affected and it was observed a linear decrease ($P<0,05$) with the replacement of SM by CMT. There was no effect ($P>0,05$) by replacing SM by CMT and the treatment with calcium oxide of the CMWT on the carcass basic cuts yield. CMT prices over 85% of the SM (DM basis) didn't justify its use economically. For prices from 20 to 80% of CMT, 67% was the optimum level of substitution, while prices below 15% of SM, the optimum level was 100% substitution of SM by CMT.

The experiment II, was conducted aiming to evaluate the effect of replacing soybean meal (SM) by castor bean meal treated (CMT) with calcium oxide or not (CMWT) on feed intake, total, ruminal and intestinal digestibility diet's constituents, ruminal concentrations pH and ammonia, the urinary N-urea excretion, the ruminal degradation kinetics of the protein feed and the estimation of the microbial protein production obtained from the urinary purine derivatives excretion or the purine bases in the abomasum. Five *Bos indicus* steers were used, with 360 kg \pm 30,27 of initial body weight cannulated in the rumen and abomasum. The experimental design was in Latin Square 5x5, with five animals, five periods and five treatments. Each experiment had duration of 14 days, eight days of adaptation and six to the collections. The animals were fed with a diet containing 65% of corn silage and 35% concentrate, in dry matter basis (DM). It was used five diets with four levels of SM replaced by CMT: 0, 33, 67 and 100%, in DM basis and one treatment with 100% of SM replaced by CMWT. Only the DM digestibility was reduced ($P < 0,05$) by castor bean meal alkaline treatment. With the exception of crude protein ruminal digestibility (CPRD), there was no effect of calcium oxide ($P > 0,05$) on the other digestibility constituents. There was an increase of 24,2% CPRD ($P < 0,05$) for the CMWT on CMT. The intestinal digestibility of diet's constituents were not affected by the level of replacement of SM by CMT. However, the alkaline treatment of CMWT reduced ($P < 0,05$) the EE intestinal digestion. There was no interaction ($P > 0,05$) between treatment and time on ruminal pH, but the pH was influenced ($P < 0,05$) by the time of blood collection, and the minimum value observed was 6,23 at 5,8 hours after the feeding. There was an interaction ($P < 0,05$) between treatments and sampling times for N-NH₃ concentrations. There was no difference ($P > 0,05$) for the urinary nitrogenous compounds excretion on the levels of replacement of SM by CMT and alkaline treatment of CMWT. The microorganisms RNA-N: N-total ratio was not affected by levels of CMT, with 0,138 of average. No differences were found ($P > 0,05$) between the two methods of collection to estimate the crude protein microbial production. The castor bean meal treated with 6% of calcium oxide can replace soybean meal fully in the diets of feedlot beef cattle. The castor bean meal without treatment showed satisfactory results, however considering the danger of the presence of ricin, caution should be taken into use.

INTRODUÇÃO GERAL

A pecuária bovina assume grande importância para a economia nacional, sendo os gastos com a alimentação um dos principais componentes do custo de produção, podendo variar de 30 a 70% dos custos totais, dependendo da atividade e tipo de exploração. A busca de alimentos alternativos e de baixo valor comercial, como os resíduos e subprodutos agrícolas, representam uma forma de minimizar os gastos com a alimentação.

As rações fornecidas para animais em confinamento são oriundas da combinação de diferentes alimentos, mas o custo dos concentrados, em especial os protéicos, tem dificultado esta prática. Portanto, esse fato implica na busca de ingredientes que proporcionem combinação adequada, de modo a obter-se um melhor desempenho, aliado à economicidade.

Existe hoje uma ampla variedade de alimentos que podem ser utilizados na nutrição de ruminantes. O valor nutricional e a qualidade dos mesmos por sua vez, devem ser avaliados pela complexa interação entre os nutrientes ingeridos e os microrganismos do trato digestivo, pelos processos de digestão, absorção e transporte, além da própria condição fisiológica do animal.

Atualmente a crescente demanda por combustíveis renováveis tem aumentado o interesse no cultivo e processamento de oleaginosas para produção de combustíveis como o biodiesel e lubrificantes. Com o aumento da produção destes produtos disponibilizam-se co-produtos, os quais podem ser utilizados na alimentação animal, agregando valor à cadeia produtiva agroenergética.

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 as emissões de gases e partículas de hidrocarbonetos durante a combustão quando comparado aos combustíveis fósseis (Abreu et al., 2004).

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* L.) é uma das mais tradicionais no semi-árido brasileiro, sendo de relevância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais. Assim, a expectativa de crescimento desta cultura cria inúmeras oportunidades para a produção de ruminantes, através da oferta potencial de torta e farelo de mamona, principais co-produtos dessa cultura.

A torta da 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, na indústria automotiva como lubrificante para motores de alta rotação e carburantes de motores a diesel. O farelo de mamona difere da torta pelo método de extração, por meio de solventes, o que permite a obtenção de 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 a extração do óleo.

O farelo de mamona apresenta-se como um alimento concentrado protéico, correspondendo a 80% do teor de proteína bruta (PB) do farelo de soja, com degradabilidade ruminal efetiva da PB intermediária entre o farelo de soja e o farelo de algodão (Moreira et al., 2003). Apesar do potencial de utilização do farelo de mamona na alimentação de ruminantes, como substituto de fontes tradicionais de proteína (farelo de soja e farelo de algodão), o que poderia agregar maior valor e renda à cadeia

produtiva, este produto tem sido utilizado somente como fertilizante orgânico controlador de nematóides, devido a limitações relacionadas à sua toxidez e alergenicidade (Severino, 2005). A toxidez da mamona é causada pela presença de três substâncias: ricina (uma proteína), ricinina (um alcalóide) e CB-1A (um complexo alergênico), (Moshkin, 1986; Gardner et al., 1960).

A ricina é uma proteína encontrada exclusivamente no endosperma das sementes de mamona, não sendo detectada em nenhuma outra parte da planta, como raízes, folhas e caules (Bandeira et al., 2004). Apesar da alta toxidade da semente, o óleo de mamona não é tóxico, pois a ricina não é solúvel em lipídios, permanecendo todo o componente tóxico na torta ou no farelo (Gaillard & Pepin, 1999).

A toxidade da ricina é conhecida há mais de um século, mas somente no final da década de 80 é que foi descrito o seu mecanismo de ação (Endo & Tsurug, 1988). A ricina se classifica como uma lecitina, componente do grupo das “proteínas inativadoras de ribossomos”, compostas por duas subunidades de funções biológicas distintas. A subunidade A inativa especifica e 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; Endo & Tsurugi, 1988). Assim, se quebradas as ligações entre as duas subunidades, as partes resultantes não são tóxicas em células eucarióticas (Audi et al., 2005).

A ricinina é um alcalóide encontrado em todas as partes da planta, podendo ser detectada desde as fases iniciais de desenvolvimento (Holfelder et al., 1998). O teor de ricinina varia em função de alguns fatores, tais como: partes da planta, sendo maior nas folhas; características genéticas; estresses ambientais; e teor de ricina nas sementes, sendo negativamente correlacionados (Moshkin, 1986). Devido à baixa atividade tóxica

e à pequena presença, principalmente nas sementes, a ricinina não se constitui em fator limitante para utilização do farelo de mamona na alimentação de ruminantes (Anandan et al., 2005).

A fração alergênica é formada por um complexo de proteínas e polissacarídeos, denominado CB-1A, presente na semente, pólen e partes vegetativas da planta. Para o uso do farelo na alimentação animal, o CB- 1A 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).

Dessa forma, pode-se considerar que a ricina é considerada o principal fator limitante para o uso dos co-produtos da extração de óleo de sementes 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 tolerâncias 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 desse comportamento.

A transformação da torta de mamona em um produto destoxificado que possa ser usado para alimentação animal, já vem há muito tempo despertando a atenção de diversos pesquisadores no mundo, tendo-se obtido alguns resultados satisfatórios (Gardner et al., 1960; Perone et al., 1966), embora alguns passos tecnológicos ainda

necessitem ser desenvolvidos para que o produto possa tornar-se economicamente viável.

Na década de 1960, a Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro (SANBRA) desenvolveu processo de destoxificação 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 realizadas no Brasil, obtendo-se resultados satisfatórios com o uso desse produto.

Utilizando 48 novilhos Hereford, Albin et al. (1970) compararam, por 182 dias, três rações concentradas contendo primariamente sorgo grão como fonte de energia e diferentes fontes de nitrogênio: A – farelo de algodão; B – farelo de mamona com alto teor de ricina; C – farelo de mamona com alto teor de ricina, mais flavolizante artificial. O ganho médio de peso e o consumo de matéria seca foram maiores para o tratamento com farelo de algodão. A espessura de gordura na carcaça foi maior no tratamento A em relação ao C. O grau de marmorização da carcaça foi maior no tratamento A. Os coeficientes de digestibilidade aparentes da matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo e compostos nitrogenados (N), além da retenção de N não diferiram entre os tratamentos.

A partir da década de 80 não foi mais possível encontrar relatos na literatura consultada sobre pesquisas com o uso da torta ou farelo de mamona para 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 destoxificação (Severino, 2005). Nos anos seguintes, a produção brasileira de mamona declinou acentuadamente e a quantidade de torta disponível deixou de ser

uma das importantes alternativas para alimentação animal, o que provavelmente deixou de atrair a atenção de pesquisadores gerando uma falta de informações quanto às características nutricionais relacionadas ao uso deste alimento destoxificado na alimentação de ruminantes.

Num estudo realizado na Índia comparou-se 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 destoxificação da ricina do farelo de mamona (Anandan et al., 2005). Dos métodos avaliados, somente a autoclave (15 psi, 60 min) e o tratamento com hidróxido de cálcio (40 g/kg de farelo de mamona) provocaram completa desnaturação da toxina, avaliado mediante análise quantitativa (método de Lowry) e qualitativo (visualização das bandas de proteína em gel de eletroforese).

Já no Brasil, pesquisas recentes avaliaram o efeito da destoxificação do farelo de mamona por meio de tratamento alcalino (Ca(OH)_2 ou CaO , nas doses de 20, 40 ou 60 g/kg, diluído ou não em água) ou térmico (autoclave com pressão de 1,23 kgf/cm^2 ou 15 psi a 123°C, durante 30, 60 ou 90 minutos), (Oliveira, 2008). A eficácia de 100% de destoxificação com Ca(OH)_2 na dose de 40 g/kg de farelo ou com autoclave em 15 psi durante 60 minutos, observada por Anandan et al. (2005), não se confirmou nesse estudo. Somente os tratamentos com Ca(OH)_2 ou CaO , diluídos em água (1:10), na dose de 60 g/kg de farelo, ou com autoclave (90 minutos) mostraram-se eficazes ($P < 0,05$) em destoxificar a ricina.

O consumo de alimentos é considerado o fator mais importante na determinação do desempenho animal. A alta correlação existente entre produção animal e ingestão de alimentos se deve ao fato de que a ingestão é o ponto determinante do acesso de nutrientes necessários para o atendimento dos requisitos de manutenção e produção pelos

animais. Segundo Mertens (1994), a ingestão de alimentos é regulada por mecanismos físicos, fisiológicos e psicogênicos. Para esse autor, o mecanismo físico refere-se à distensão física do rúmen-retículo, o fisiológico é regulado pelo balanço energético e a regulação psicogênica envolve a resposta comportamental do animal, frente a fatores inibidores ou estimuladores no alimento, ou no manejo alimentar, que não está relacionada ao valor energético do alimento, nem ao efeito de enchimento.

Em um trabalho conduzido com novilhos de peso médio inicial de 234 kg, que foram alimentados com duas dietas, sendo uma com 10% de farelo de mamona destoxificado e outra com 5% de farelo de algodão e 5% de farelo de mamona destoxificado, na base da matéria seca total, o ganho de peso foi maior para os animais que receberam 10% de farelo de mamona destoxificado. Análises de amostras do fígado, rins e tecido muscular indicaram ausência de resíduos de ricina e não foram notados efeitos nocivos provenientes da alimentação dos animais com o farelo de mamona (Marion, 1967).

Além do conhecimento do consumo e da composição bromatológica dos alimentos, torna-se importante obter informações sobre a utilização dos nutrientes pelo animal, o que é obtido por estudos de digestão. Van Soest (1994) define digestão como o processo de conversão de macromoléculas da dieta em compostos mais simples, que podem ser absorvidos no trato gastrintestinal dos animais. Medidas de digestibilidade dos nutrientes são úteis na qualificação dos alimentos quanto ao seu valor nutritivo.

Muitos são os fatores que afetam a digestibilidade dos nutrientes da dieta. A digestão realizada pelos ruminantes é o resultado de processos que ocorrem em diferentes segmentos do trato gastrintestinal. Estes processos são formados pela fermentação dos componentes dietéticos pelos microrganismos do rúmen-retículo, pela

hidrólise ácida, e digestão oriunda das enzimas secretadas no abomaso e intestino delgado e a fermentação no intestino grosso (Merchen et al., 1997).

A otimização da fermentação ruminal e a maximização da eficiência da síntese de proteína microbiana, tem sido foco de várias pesquisas, uma vez que 50 a 100% da proteína metabolizável exigida para bovinos de corte pode ser atendida pela proteína de origem microbiana (NRC, 1996). Por apresentar um perfil de aminoácidos essenciais de alta qualidade e relativamente constante, a proteína microbiana é a mais importante fonte de aminoácidos disponibilizados para absorção no intestino delgado (NRC, 2001).

As disponibilidades ruminais de compostos nitrogenados e energia são os principais fatores que limitam o crescimento microbiano (Clark et al., 1992). Apesar dos microrganismos poderem utilizar amônia para seu crescimento, em muitos casos a velocidade de produção excede a de utilização, aumentando a excreção de compostos nitrogenados e o custo energético da síntese de uréia pelo fígado (Russell et al., 1992). Uma vez liberada para o sangue, a uréia é excretada na urina ou reciclada para o rúmen através da saliva ou por difusão através da parede ruminal (Huntington & Archibeque, 1999).

Devido à importância da proteína microbiana para o metabolismo protéico dos ruminantes, vários métodos têm sido utilizados para medir a quantidade de compostos nitrogenados microbianos, como bases purinas (RNA), ácido 2,6 diaminopimélico-DAPA, ^{35}S e ^{15}N . Entretanto, de acordo com Perez et al. (1996), a excreção de derivados de purinas na urina constitui-se em um método simples e não-invasivo para estimar a produção de proteína microbiana no rúmen. Este método assume que o fluxo duodenal de ácidos nucléicos é essencialmente de origem microbiana e, após digestão intestinal das bases purinas (adenina e guanina), elas são catabolizadas e excretadas proporcionalmente à quantidade absorvida.

A alantoína é o derivado de purina mais abundante, sendo o ácido úrico, xantina e hipoxantina os demais componentes coletivamente denominados derivados de purina. Em bovinos, devido à alta atividade da enzima xantina oxidase, que converte xantina e hipoxantina a ácido úrico, a excreção de alantoína e ácido úrico constitui cerca de 98% dos derivados de urinários de purina. Portanto, a contribuição da xantina e hipoxantina é insignificante para a determinação da excreção total dos derivados de purina (Rennó et al., 2000).

Vários estudos confirmaram a relação existente entre a produção de proteína microbiana e a excreção de derivados de purina na urina (Verbic et al., 1990; Valadares et al., 1999; Rennó et al., 2000; Orellana Boero et al., 2001). Assim o fluxo de N microbiano pode ser calculado a partir da quantidade de purinas absorvidas, que são estimadas a partir da excreção dos derivados urinários de purinas.

Para complementar a avaliação do desempenho do animal durante o seu desenvolvimento, é de suma importância incluir a avaliação das características de carcaça dos animais. À medida que a pecuária de corte evolui e o mercado consumidor torna-se mais exigente, maior atenção tem de ser dada ao produto final da atividade, a carne. O objetivo da avaliação das carcaças é a determinação de parâmetros diretamente relacionados com os aspectos qualitativos e quantitativos de sua porção comestível, e o primeiro índice considerado é o rendimento das mesmas (Castillo Estrada, 1996).

A área transversal do músculo *Longissimus dorsi*, ou área de olho de lombo (AOL), é outro fator considerado na avaliação servindo como indicador de desenvolvimento muscular. A gordura de cobertura é uma fração importante, pois serve como proteção (gordura subcutânea) contra a desidratação no resfriamento das carcaças, mas o seu excesso pode diminuir o rendimento de carne magra.

Embora existam algumas informações sobre o farelo de mamona, a ricina e métodos de destoxificação como resultado de pesquisas realizadas em diversos países, ainda se faz necessário dar continuidade às pesquisas objetivando, em particular, conhecer suas propriedades nutricionais, visando o aproveitamento desses produtos na alimentação animal.

Diante do exposto, o tratamento com cal mostrou-se promissor para a destoxificação do farelo de mamona e para o uso na alimentação de ruminantes. Todavia é necessário avaliar sua utilização em dietas no tocante aos aspectos produtivos e nutricionais. Assim, o presente trabalho foi realizado com os objetivos de:

- Avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com cal ou não sobre o consumo dos componentes da dieta, desempenho, características de carcaça e rendimentos de cortes comerciais de bovinos de corte terminados em confinamento.

- Avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com cal ou não sobre os consumos e digestibilidades totais, ruminais e intestinais dos componentes da dieta, o pH e as concentrações de amônia no rúmen e a excreção de N-uréico na urina, a cinética de degradação ruminal dos alimentos protéicos utilizados e a produção de proteína microbiana obtida através dos derivados de purinas urinários ou das bases de purina no abomaso.

Os trabalhos a seguir foram elaborados segundo as normas da Revista Brasileira de Zootecnia.

LITERATURA CITADA

- 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.29-33, 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.
- ALBIN, R.C.; OATMAN, S.; ZINN, D.W. Detoxified castor meal for fattening steers. **Journal of Animal Science**, v.30, n.2, p.314 (Abstract), 1970.
- ANANDAN, S.; ANIL KUMAR, G.K.; GHOSH J. et al. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal feed science and technology**, 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.; VILELA, 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: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., Campina Grande, 2004. **Anais...** Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: www.cnpa.embrapa.br.
- CASTILLO ESTRADA, L.H. **Composição corporal e exigências de proteína, energia e macroelementos minerais (Ca, P, Mg, Na e K), características da carcaça e desempenho do Nelore e mestiços em confinamento**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. 128p. Tese (Doutorado em Zootecnia).- Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- CLARK, J.H.; KLUSMEYER, T.H.; CAMERON, M.R. Microbial protein synthesis and flows of nitrogen fractions to the duodenum of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.75, p.2304-2323, 1992.
- COSTA, F.X.; SEVERINO, I.S.; BELTRÃO, N.E.M. et al. Composição química da torta de mamona. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 1., Campina Grande, 2004. **Anais...** Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: www.cnpa.embrapa.br.
- 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, 1., Campina Grande, 2004. **Anais...** Campina Grande: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Disponível em: www.cnpa.embrapa.br.
- GAILLARD, 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. **Journal of Chromatography B**, v.733, p.181-229, 1999.
- GARDNER J.R., H.K.; D'AQUIN, E.L.; KOULTUN, S.P. et al. Detoxification and deallergenization of castor beans. **The Journal of the American Oil Chemists Society**. v.37, p.142-148, 1960.
- HOLFELDER, M.G.A.; STECK, M.; KOMOR, E.; et al. Ricinine in phloem sap of *Ricinus communis*. **Phytochemistry**, v.47, n.8, p.1461-1463. 1998.
- HUNTINGTON, G.B.; ARCHIBEQUE, S.L. Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. In: American Society of Animal Science, 1999, Raleigh. Proceedings... Raleigh: **American Society of Animal Science**, 1999. p.01-11.
- MATOS, L.L. **Substituição do farelo de algodão pelo farelo de mamona destoxicado, na alimentação suplementar de vacas em lactação**. Viçosa, 1976. 39p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa. 1976.
- MARION, P.T. Castor meal – a new protein supplement. **Journal of Animal Science**, v.26, n.4, p.924 (Abstract), 1967.
- MERCHEN, N.R.; ELIZALDE, J.C.; DRACKLEY, J.K. Current perspective on assessing site of digestion in ruminants. **Journal of Animal Science**, v.75, p.2223-2234, 1997.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY Jr., G.C., (Ed.) Forage quality, evaluation and utilization. In: National Conference on Forage Quality, Evaluation and Utilization. **American Society of Agronomy**. 1994. p.450-493.
- 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**, v.55, n.3, p.315-323, 2003.
- MOSHKIN, V.A. **Castor**. New Delhi: Amerind, 1986. 315p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.:National Academy, 1996. 242p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle**. 7. ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 2001. 381p.

- OLIVEIRA, A.S. **Co-produtos da extração de óleos de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes.** Viçosa, 2008. 165p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- OLSNES, S.; REFSNES, K.; PIHL, A. Mechanism of action of the toxic lectins abrin and ricin. **Nature**, v.249, p. 627-631, 1974.
- ORELLANA BOERO, P.; BALCELLS, J.; MARTÍN-ORÚE, S.M. et al. Excretion of purine derivatives in cows: endogenous contribution and recovery of exogenous purine bases. **Livestock Production Science**, v.68, p.243-250, 2001.
- PNPB – PROGRAMA NACIONAL DE PRODUÇÃO E USO DE BIODIESEL. 2005. Disponível em: < <http://www.biodiesel.gov.br/programa.html>>
- PEREZ, J.F.; BALCELLS, J.; GUADA, J.A. et al. Determination of rumen microbial-nitrogen production in sheep: a comparison of urinary purine excretion with methods using ¹⁵N and purine bases as markers of microbial-nitrogen entering the duodenum. **British Journal of Nutrition**, v.75, p.699-709, 1996.
- PERONE, J.C.; IACHAN, A.; DOMONT, G.B. et al. **Contribuição ao estudo da torta de mamona.** Rio de Janeiro: Departamento de Imprensa Nacional, 1966. 51p.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I. et al. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1223-1234, 2000.
- RUSSELL, J.B.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J., et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminant fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3551-3561, 1992.
- 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, 8., 1971, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.144-145, 1971.
- SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a torta de mamona.** (Embrapa Algodão. Documentos, 134), 2005, 31p.
- VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, S.C.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2686-2696, 1999.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant.** 2. ed. London: Constock Publishing Associates, USA, 1994. 476p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.

Consumo, desempenho e características de carcaça de bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

RESUMO – Objetivou-se avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com cal (FMT) ou não (FMNT) sobre o consumo de nutrientes, desempenho, características de carcaça e rendimentos de cortes comerciais de bovinos de corte terminados em confinamento. Foram utilizados 30 bovinos machos, castrados, mestiços zebuínos, com peso médio inicial de $360 \text{ kg} \pm 30,27$, dos quais, os cinco compoem o grupo referência foram abatidos ao início do experimento, e os outros 25 foram distribuídos em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco blocos (repetições), sendo o peso corporal considerado critério para blocos. Os animais foram alimentados com uma dieta contendo 65% de silagem de milho e 35% de concentrado na base da MS. Foram utilizadas cinco dietas que consistiram de quatro níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo FMT: 0, 33, 67 e 100%, na base da MS e uma dieta com 100% de substituição do FS pelo FMNT. Ao final do experimento, todos os animais foram abatidos, seus tratos gastrintestinais esvaziados para determinação do peso de corpo vazio. Não foram observados efeitos significativos ($P>0,05$) da substituição do farelo de soja pelo FMT sobre o consumo dos constituintes da dieta, ganho de peso corporal (GP) e ganho de peso de corpo vazio (GPCVZ). Apesar do maior ($P<0,05$) consumo de ricina para a dieta contendo FMNT (3,06 mg/kgPC) em relação à dieta com FMT (0,10 mg/kgPC/dia), não houveram efeitos ($P>0,05$) sobre o consumo dos constituintes da dieta, GP e GPCVZ. O consumo de MS e GP médio foram de 10,66 e 1,44 kg/dia. Para as características de carcaça, apenas o rendimento de carcaça em relação ao peso corporal foi afetado, sendo observado redução linear ($P<0,05$) do mesmo com a substituição do FS pelo FMT. Não houve efeito ($P>0,05$) da substituição do FS pelo FMT e do tratamento com cal do FMNT sobre o rendimento de cortes básicos da carcaça. Preços do FMT acima de 85% do preço do FS (base MS) não justificam economicamente seu uso. Para preços do FMT entre 20 a 80% o nível ótimo foi de 67% de substituição, enquanto que preços abaixo de 15% do FS, o nível ótimo foi de 100% de substituição do FS pelo FMT. O farelo de mamona com 6% de cal pode substituir totalmente o farelo de soja em dietas de bovinos em terminação.

Palavras-chave: farelo de soja, ganho de peso, rendimento, ricina, *Ricinus communis* L.

Intake, performance and carcass characteristics of cattles fed with different levels of castor bean meal

ABSTRACT – This work was conducted aiming to evaluate the effect of replacing soybean meal (SM) by castor bean meal treated with 6% of calcium oxide (CMT) or not (CMWT) on nutrients intake, performance, carcass traits and commercial cuts yield of feedlot cattle. Thirty *Bos indicus* steers with $360 \text{ kg} \pm 30,27$ of initial body weight (BW) were used. From this group, five animals were slaughtered on the beginning of the experiment to be used as a reference group and the 25 animals remaining were blocked into five groups based on initial BW and allotted randomly to one to five treatments (five animals per treatment). The animals were fed with 65% of corn silage and 35% concentrate, in dry matter basis (DM). It was used five diets with four levels of SM replaced by CMT: 0, 33, 67 and 100%, in the DM basis and one treatment with 100% of SM replaced by CMWT. At the end of the experiment, all animals were slaughtered and its viscera cleaned to determine the empty body weight (EBW). There were no significant effects ($P>0,05$) to the substitution of SM by CMT on the constituents of the diet intake, body weight gain (WG) and empty body weight gain (EBWG). Despite the higher ($P<0,05$) ricin intake for diets with CMWT (3,06 mg/kgBW) in relation to diet with CMT (0,10 mg /kgBW/day), there were no effect ($P>0,05$) on the constituents of the diet intake, WG and EBWG. The DM intake and WG were 10,66 and 1,44 kg/day on average. The carcass dressing in relation to body weight was affected and it was observed a linear decrease ($P<0,05$) with the replacement of SM by CMT. There was no effect ($P>0,05$) by replacing SM by CMT and the treatment with calcium oxide of the CMWT on the carcass basic cuts yield. CMT prices over 85% of the SM (DM basis) didn't justify its use economically. For prices from 20 to 80% of CMT, 67% was the optimum level of substitution, while prices below 15% of SM, the optimum level was 100% substitution of SM by CMT.

Key words: soybean meal, weight gain, yield, ricin, *Ricinus communis* L.

Introdução

Atualmente, a crescente demanda por combustíveis renováveis tem aumentado o interesse no cultivo e processamento de oleaginosas para produção de combustíveis como o biodiesel e lubrificantes. Com o aumento da produção destes produtos disponibilizam-se co-produtos, os quais podem ser utilizados na alimentação animal, agregando valor à cadeia produtiva agroenergética

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* L.) é uma das mais tradicionais no semi-árido brasileiro, sendo de relevância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais. Assim, a expectativa de crescimento desta cultura cria oportunidades para a produção de ruminantes, através da oferta potencial de torta e farelo de mamona, 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 farelo de algodão), o que poderia agregar maior valor e renda à cadeia produtiva, este produto tem sido utilizado somente como fertilizante orgânico controlador de nematóides, devido a limitações relacionadas à presença de uma potente toxina (ricina) e de fatores alergênicos (Severino, 2005).

A transformação do farelo de mamona em produto destoxificado que possa ser usado para alimentação animal, já vem há muito tempo despertando a atenção de diversos pesquisadores no mundo, tendo-se obtido alguns resultados satisfatórios (Gardner et al., 1960; Perone et al., 1966), embora alguns passos tecnológicos ainda

necessitem ser desenvolvidos para que o produto possa tornar-se economicamente viável.

Em pesquisa recente no Brasil, demonstrou-se que o tratamento térmico com autoclave a $1,23 \text{ kg/cm}^2$ (15 psi) durante 90 minutos, ou o tratamento alcalino com hidróxido de cálcio ou óxido de cálcio, diluídos em água (1:10), na dose de 60 g/kg de farelo, foram eficazes em desnaturar a ricina (Oliveira, 2008).

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 ou não sobre o consumo dos componentes da dieta, desempenho, características de carcaça e rendimentos de cortes comerciais de bovinos de corte terminados em confinamento.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia (DZO), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG. Foram utilizados 30 bovinos machos, castrados, mestiços zebuínos, com peso médio inicial de 360 kg \pm 30,27. Cinco animais foram abatidos ao início do experimento (grupo referência), e os demais distribuídos em blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco blocos (repetições), sendo o peso corporal considerado critério para blocos.

Os animais foram submetidos a um período de 14 dias de adaptação e 84 dias de período experimental (três períodos de 28 dias cada), para avaliação do ganho de peso corporal, ganho e rendimento de carcaça e do rendimento de cortes comerciais.

Os animais foram alimentados com uma dieta contendo 65% de silagem de milho e 35% de concentrado, base da matéria seca (MS). As cinco dietas consistiram de quatro níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com cal (FMT): 0, 33, 67 e 100%, na base da MS, e uma dieta com 100% de substituição do FS pelo farelo de mamona sem tratamento (FMNT) (Tabela 1). A mistura de 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.

Após análise dos ingredientes disponíveis, as dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas, com 12,0% de PB (base da MS), de forma a atender as exigências nutricionais de um bovino zebu com 360 kg de peso corporal, com ganho de peso de 1,25 kg/dia, segundo Valadares Filho et al. (2006). A composição químico-bromatológica dos ingredientes está apresentada na Tabela 2 e a composição média das dietas experimentais na Tabela 3.

Tabela 1 - Proporções dos ingredientes nas dietas experimentais, em porcentagem da matéria seca

Ingredientes	Nível de FMT nas dietas (%)				FMNT ²
	0 ¹	33 ¹	67 ¹	100 ¹	
Silagem de milho	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Fubá de milho	24,68	24,68	24,68	24,68	24,68
Farelo de soja	9,14	6,09	3,05	0,00	0,00
Farelo de mamona	0,00	3,05	6,09	9,14	9,14
Farelo de trigo	0,42	0,41	0,28	0,02	0,00
Uréia/sulfato de amônio	0,18	0,36	0,49	0,75	0,61
Sal mineral	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Calcáreo	0,18	0,00	0,00	0,00	0,16

¹Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

²100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

Tabela 2 – Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações experimentais

Itens ¹	Ingredientes ⁶					
	SM	Milho	FS	FMT	FMNT	FT
MS (%)	28,76	86,72	87,21	88,38	90,70	88,01
MO ²	93,89	98,89	94,00	82,28	91,66	92,69
PB ²	7,67	9,35	51,29	34,44	35,78	16,63
NNP ³	47,08	16,52	13,15	28,90	28,05	19,27
PDR ⁴	73,77	41,22	60,09	42,62	61,93	80,00
Ricina ⁵	0,00	0,00	0,00	39,16	1143,7	0,00
EE ²	3,50	4,19	1,56	1,71	1,73	3,53
CHOt ²	82,73	85,36	41,15	46,13	54,15	73,68
FDNcp ²	53,91	14,53	12,52	38,09	47,19	37,98
CNFcp ²	28,81	70,83	28,53	8,05	6,96	35,29
FDACP ²	28,47	3,41	11,73	30,45	35,07	13,52
Lignina ²	3,54	1,03	1,68	6,08	5,10	4,00

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; NNP = nitrogênio não protéico; PDR = proteína degradada no rúmen; EE = extrato etéreo; CHOt = carboidratos totais; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNFcp = carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteína; FDACP = fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína.

²% base da MS; ³% do nitrogênio total. ⁴% base da PB adotando-se valor de taxa de passagem (Kp) de 0,04954 h⁻¹ para os alimentos concentrados, segundo equações preditivas descritas pelo NRC (2001), (valores tabelados para SM e milho segundo Valadares Filho et al., 2006). ⁵mg/kgMS.

⁶SM = silagem de milho, FS = farelo de soja; FMT = farelo de mamona tratado; FMNT = farelo de mamona não tratado; FT = farelo de trigo (segundo Valadares Filho et al., 2006)

Tabela 3 - Composição média das dietas experimentais

Itens ¹	Nível de FMT nas dietas (%)				FMNT ⁷
	0 ⁶	33 ⁶	67 ⁶	100 ⁶	
MS (%)	48,51	48,56	48,74	48,56	48,54
MO ²	94,56	94,44	94,13	94,12	94,67
PB ²	12,23	12,03	12,08	12,03	12,02
NNP ³	35,89	37,16	40,00	43,58	43,76
PDR ⁴	64,40	64,33	64,04	63,94	65,35
Ricina ⁵	0,00	1,19	2,38	3,58	104,53
EE ²	2,80	2,85	2,82	2,80	2,80
CHOt ²	79,52	79,56	79,23	79,29	79,85
FDNcp ²	41,03	41,32	41,17	41,53	41,21
CNFcp ²	38,76	38,79	38,86	38,81	39,59
FDAcp ²	21,85	21,18	22,02	22,38	23,57
Lignina ²	2,83	3,13	3,74	3,69	3,75

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; NNP = nitrogênio não protéico; PDR = proteína degradada no rúmen; EE = extrato etéreo; CHOt = carboidratos totais; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNFcp = carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína.

²% base da MS; ³% do nitrogênio total; ⁴% base da PB; ⁵mg/kgMS.

⁶Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

⁷100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

O farelo de mamona foi adquirido da agroindústria BOM-MRASIL localizada na região de Salvador-BA. O tratamento do farelo de mamona foi realizado, utilizando solução de cal (CaO), sendo cada kg diluído em 10 litros de água, e aplicado na quantidade de 60 gramas de cal por kg de farelo, na base da matéria natural, conforme recomendado por Oliveira et al. (2007). Após a mistura do farelo com a solução de cal, o material permaneceu em repouso por um período de doze horas (uma noite), sendo logo após seco em terreiro de cimento. O tempo de secagem variou com as condições climáticas, sendo de aproximadamente de 48 horas.

Os animais foram confinados em baias individuais, providas de comedouro e bebedouro, com área total de 30 m², sendo 8 m² cobertos com telhas de amianto. Inicialmente, os animais foram pesados, após jejum de sólidos de 16 horas, vermifugados e receberam, durante os 14 dias de adaptação, as dietas experimentais.

Decorrido esse período, cinco novilhos foram abatidos para determinação do peso de corpo vazio e do rendimento de carcaça inicial. Os 25 animais restantes foram novamente pesados e distribuídos nos cinco tratamentos descritos anteriormente.

Os animais receberam alimentação fornecida duas vezes ao dia, às 7:00 e às 15 horas. Diariamente, foram feitas pesagens e amostragens das quantidades das dietas fornecidas e das sobras de cada animal. Para estimativa do consumo, foram realizadas amostras compostas de sobras para cada animal, semanalmente e posteriormente a cada período de 28 dias.

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 corporal (GMD).

Ao final do experimento, todos os animais foram abatidos com posterior sangria. Todos os abates ocorreram após jejum de 16 horas, sendo realizado por concussão cerebral, seguido de veniseção da jugular e da carótida, conforme Instrução Normativa nº3 de 13/01/2000 (Regulamento Técnico de Métodos de Insensibilização para o Abate Humanitário de Animais de Açougue).

Após o abate, o aparelho gastrointestinal de cada animal foi esvaziado e, juntamente com os outros órgãos, lavado, pesado e somado às demais partes do corpo (carcaça, cabeça, couro, cauda, patas e sangue), para determinação do peso de corpo vazio (PCVZ). A relação obtida entre o PCVZ e o peso corporal (PC) dos animais referência, abatidos no início do experimento, bem como o rendimento de carcaça inicial, foram utilizadas para estimativa do PCVZ e do peso de carcaça inicial dos animais, estimando-se, então, o ganho médio diário de peso de corpo vazio (GMDPCVZ) e de carcaça.

A carcaça de cada animal foi dividida ao meio com o auxílio de uma serra elétrica e, logo após, pesada, para determinação do ganho de carcaça e de seu rendimento em relação ao peso corporal (RCPC) e ao peso de corpo vazio (RCPCVZ). Em seguida, as carcaças foram resfriadas em câmara de resfriamento a 4°C, durante aproximadamente 24 horas. Decorrido esse tempo, as meias-carcaças foram retiradas da câmara de resfriamento e novamente pesadas. Na meia carcaça direita, foi medido o comprimento e determinado o rendimento dos cortes comerciais, separando-se os quartos dianteiro e traseiro entre a quinta e a sexta costelas. O dianteiro compreendeu o acém e a paleta completa e o traseiro, a ponta-de-agulha, o coxão e a alcatra completa. Na meia carcaça esquerda, foram medidas a área transversal do músculo *Longissimus dorsi* (área de olho de lombo), à altura da 12ª costela, e a espessura da gordura subcutânea. Também foi removido um corte da seção entre a 9ª e 11ª costelas, para dissecação e predição das proporções de músculos, ossos e tecido adiposo na carcaça, segundo equações preconizadas Hankis e Howe (1946) e descritas por Valadares Filho et al. (2006):

$$\text{Proporção de músculo: } Y = 16,08 + 0,80 X$$

$$\text{Proporção de tecido adiposo: } Y = 3,54 + 0,80 X$$

$$\text{Proporção de ossos: } Y = 5,52 + 0,57 X$$

em que: X = porcentagem dos componentes no corte das costelas.

O preparo das amostras compostas dos alimentos fornecidos e das sobras, bem como as análises de matéria seca (MS), cinzas (CZ), compostos nitrogenados totais (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente ácido (FDA) e lignina foram realizadas seguindo as especificações descritas por Silva e Queiroz (2002). Para análise da concentração de fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa amilase termo-estável sem uso de sulfito de sódio, corrigida para o resíduo de cinzas (Mertens, 2002) e para o resíduo de compostos nitrogenados (Licitra et al., 1996). A

determinação de nitrogênio não protéico (NNP) dos alimentos foi realizada segundo Licitra et al. (1996).

Os carboidratos totais (CHOt) foram obtidos por intermédio da equação: CHOt = 100 - (%PB + %EE + %CZ), segundo Sniffen et al. (1992). Os teores de carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp) foram calculados conforme proposto por Hall (2000), sendo: CNFcp = 100 - [(%PB - %PB derivada da uréia + %uréia) + %FDNcp + %EE + %Cinzas].

Os teores de proteína degradável no rúmen (PDR) dos alimentos foram calculados conforme recomendações do NRC (2001) através da seguinte equação:

$$PDR = A + B * \left(\frac{kd}{kd + kp} \right)$$

em que A, B, kd e kp, significam, respectivamente, fração solúvel em água, fração insolúvel em água e potencialmente degradável, taxa de degradação da fração B e taxa de passagem da PB do alimento pelo rúmen. As frações A e B e o kd foram estimados utilizando o modelo de crescimento assintótico de primeira ordem reparametrizado por Ørskov & McDonald (1979) descrito pela função: $Y_t = a + b * (1 - e^{-kd*t})$; em que: Y_t = fração degradada no tempo "t" (%); e t = variável independente tempo (h). A taxa de passagem (kp) foi calculada de acordo com o NRC (2001), utilizando-se a equação: Kp para os alimentos concentrados = $2,904 + 1,375X_1 - 0,020X_2$; em que "X₁" é o consumo de MS (% do peso vivo) e "X₂" é a porcentagem de concentrado na dieta (base de MS).

A avaliação da concentração de ricina no farelo de mamona foi realizada através da separação das frações A (36 kDa) e B (29 kDa) por eletroforese em gel de 10% de poliacrilamida em condição desnaturante (SDS-PAGE), de acordo com o método proposto por Laemmli (1970) e por análise densitométrica. A análise eletroforética foi realizada pelo Laboratório Molecular de Plantas II, Bioagro/UFV.

Inicialmente, 250 mg de FMNT ou FMT foram adicionados em tubos “eppendorf” de 2 mL, adicionando-se 1 mL de tampão de extração TRIS 0,5 M (pH 3,8 ajustado com ácido sulfúrico 37%) e centrifugados a 14000 rpm durante 20 minutos em temperatura ambiente. Retirou-se o sobrenadante, adicionou em outro tubo “eppendorf” o qual foi armazenado entre 2 a 6°C para análise imediata, sendo este denominado de extrato bruto protéico (EBP).

Para realizar a corrida eletroforética, foram retirados alíquotas de 10 µL do extrato bruto protéico, colocados em tubos “eppendorf” e adicionado 20 µL de tampão de amostra contendo solução tampão Tris HCL 60 mM pH 6,8 (10% de glicerol, 2% de dodecil sulfato de sódio (SDS), 0,025% de azul de bromofenol e 0,025% de B-mercaptoetanol). Em seguida submeteu-se o material à temperatura de 100°C por 5 minutos sendo então aplicado 20 µL desta mistura em cada poço do gel. A corrida eletroforética foi inicialmente conduzida a 50 Volts, até a banda do corante atingir a superfície do gel de separação, quando foi aumentada para 140 Volts, permanecendo assim até o final da corrida, definido quando o corante se aproximou da extremidade inferior do gel. Terminada a corrida, os géis foram retirados da placa e colocados em solução corante (1,5 g de Coomassie Brilliant Blue G, 90 mL de ácido acético glacial, 450 mL de metanol e 460 mL de água deionizada) por 24 horas e logo depois em solução descorante (100 mL de ácido acético glacial, 500 mL de metanol e 400 mL de água deionizada) por 12 horas. O gel obtido foi então fotografado por meio de máquina digital, sendo a imagem obtida submetida a análise densitométrica utilizando-se software de análise de geis e digitalização de gráficos UN-SCAN-IT Gel™ (Versão Demo, Silk Scientific Inc., Utah, EUA). A identificação das frações de ricina foi realizada utilizando-se marcadores de massa molecular entre 14 a 97 KDa (GE Healthcare).

Outra alíquota do extrato bruto protéico foi retirada para avaliação de proteína total utilizando-se o método descrito por Bradford (1976). O teor de ricina no FMNT foi obtido por meio da seguinte equação:

Ricina no FMNT (mg/kg de MS) = [(V1 x ricina no EBP do FMNT (mg/dL) / peso da amostra (MS) em contato com a solução de tampão de extração (g)] * 1.000, em que:
V1 = volume do tampão de extração (1 mL); ricina no EBP do FMNT (mg/dL) = PTN total (mg/dL) x (área do pico de ricina obtida pela análise densitométrica/ área de proteína total obtida pela análise densitométrica).

O teor de ricina no FMT foi obtido por meio da seguinte equação:

Ricina no FMT (mg/kg de MS) = [(V1 * ricina no EBP do FMNT (mg/mL) * área do pico da ricina no EBP do FMT obtida pela análise densitométrica / área do pico de ricina do EBP do FMNT obtida pela análise densitométrica) / peso da amostra (MS) em contato com a solução de tampão de extração (g)] * 1000.

O experimento foi analisado segundo o delineamento em blocos casualizados, sendo os dados submetidos à análise de variância e as comparações entre médias de tratamentos realizadas de acordo com os seguintes contrastes ortogonais: efeito linear, quadrático e cúbico para os níveis de substituição do FS pelo FMT; e efeito de tratamento alcalino (100% de substituição do FS pelo FMT versus 100% de substituição do FS pelo FMNT). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento PROC GLM SAS 9.0 (SAS, 2005). Adotou-se nível de 0,05 de probabilidade para o erro tipo I.

Resultados e Discussão

O resultado da avaliação do efeito do tratamento do FMNT com 60 g de cal/kg no desaparecimento das duas subunidades de ricina (A com, aproximadamente, 35 KDa e B com, aproximadamente, 29KDa), em gel (SDS-PAGE), encontra-se na Figura 1, enquanto a análise densitométrica pode ser observada na Figura 2.

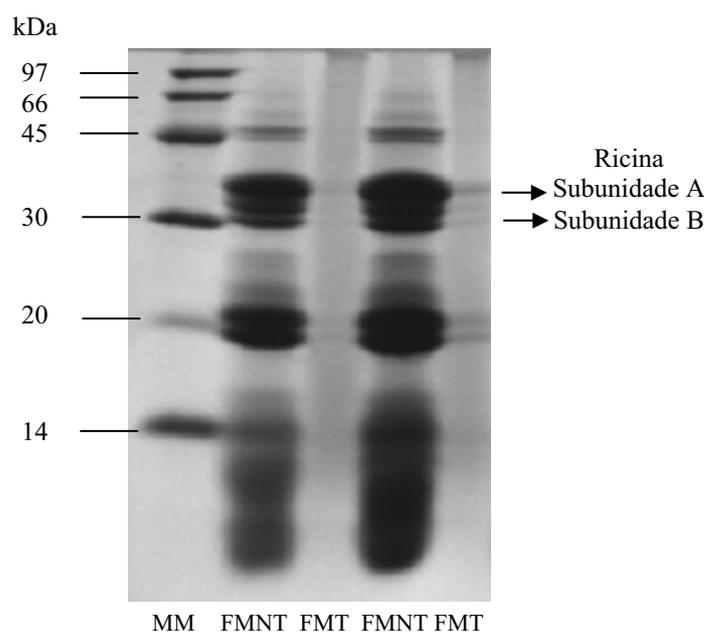


Figura 1 – Gel de poliacrilamida (SDS-PAGE) para avaliação da eficácia do tratamento do farelo de mamona (FMNT) com 60 g de cal/kg (FMT) no desaparecimento das duas subunidades de ricina (A com 35 KDa e B com 29 KDa). MM = marcador de massa molecular (14 a 97 KDa).

Verifica-se a presença das duas subunidades da ricina e de outras proteínas solúveis em tampão pH 3,8 no FMNT, indicando que após o processo de extração do óleo ainda pode-se encontrar resíduos de ricina, necessitando de procedimentos para destoxificação. A eficácia do tratamento pode ser avaliada pela diferença na intensidade das subunidades de ricina. Neste sentido observa-se que o tratamento com 60 g de

cal/kg provocou completo desaparecimento das subunidades de ricina no FMT, confirmando os resultados obtidos por Oliveira (2008).

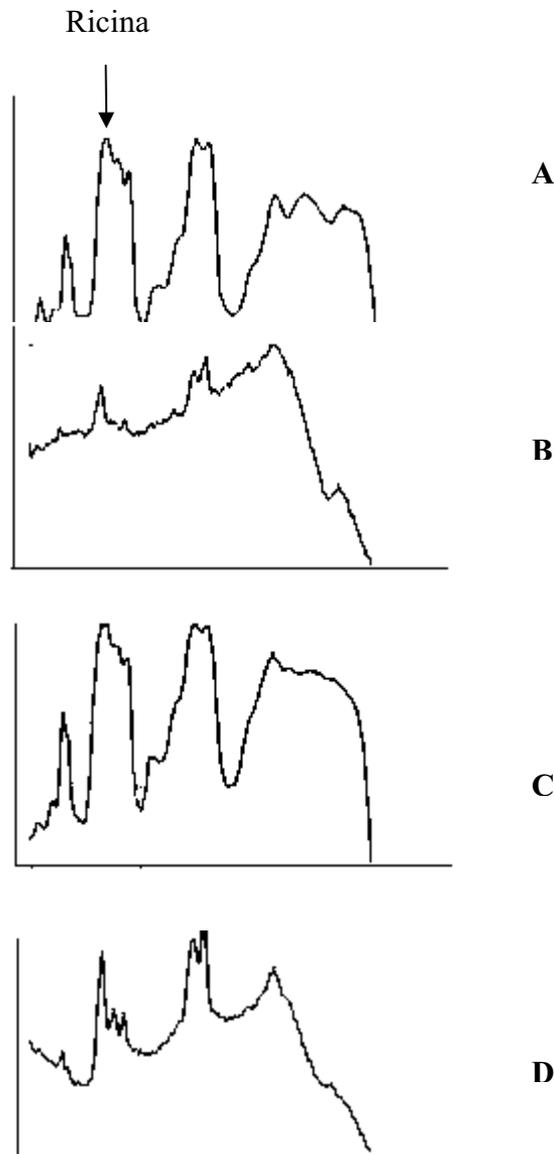


Figura 2 – Análise densitométrica de gel (SDS-PAGE) para avaliação da eficácia do tratamento do farelo de mamona (FMNT) com 60 g de cal/kg (FMT). Os gráficos A e C representam o FMNT e os gráficos B e D o FMT. O eixo das ordenadas representa unidade de densidade relativa e no eixo das abscissas as frações protéicas expressas em unidade de massa molecular relativa (do maior para o menor valor). A área da ricina está indicada pela seta.

De acordo com a análise densitométrica a eficácia de destoxificação média do FMNT foi de 96,6%, valor próximo ao encontrado por Oliveira (2008) de 97,35%. O teor de ricina observado para o FMNT foi, em média, de 1143,7 mg/kg de MS e para o FMT foi de 39,16 mg/kg de MS.

A eficácia do tratamento alcalino é atribuída a desnaturação da ricina pela cal. A desnaturação representa alterações extremas na estrutura tridimensional de uma proteína que não envolve quebra de ligações peptídicas, e quase sempre está associada à perda de função (Lehninger et al., 1995). Com o tratamento alcalino, os valores de pH (12,5) superam o valor de ponto isoelétrico da ricina de 5,2 a 5,5 (Kabat et al., 1947), tornando a carga líquida da proteína negativa, provocando repulsão eletrostática e rompimentos de pontes de hidrogênio que mantêm a estrutura tridimensional (Oliveira, 2008).

Além de perda da função, grupos hidrofóbicos são expostos durante a desnaturação, resultando em diminuição da solubilidade da proteína em soluções aquosas. Assim, o desaparecimento das subunidades de ricina indica ausência de solubilidade das mesmas ao tampão pH 3,8 (valor ótimo de extração da ricina, segundo Waller & Negi (1958)), em razão das mudanças para o estado desnaturado da toxina quando submetida ao tratamento alcalino (60 g/kg) (Oliveira, 2008).

Estão apresentadas na Tabela 4 as médias para o consumo dos constituintes das dietas e de ricina. O consumo de ricina dos animais alimentados com 100% de FMNT (1187,97 mg/dia ou 3,06 mg/kgPC) foi maior ($P<0,05$) em relação ao 100%FMT. Possivelmente, o baixo nível de FMNT na dieta (9,14%) não foi suficiente para interferir no consumo dos demais nutrientes, uma vez que não foram observados sintomas clínicos de intoxicação. A literatura ainda é muito contraditória em relação ao nível de ricina tolerável em diferentes espécies (Alexander et al., 2008). Oliveira (2008), trabalhando com ovinos alimentados com dietas contendo 15% de FMNT,

observou um consumo de ricina de 2,37 mg/kgPC sem que os animais apresentassem sintomas de intoxicação.

Tabela 4 – Consumo diário de constituintes em dietas de bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Itens ¹	Nível de substituição do FS pelo FMT				FMNT ³	Contraste (Valor- <i>P</i>) ⁴			Cal ⁵	CV ⁶ (%)
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²		Nível de FMT				
						L	Q	C		
	kg/dia									
CMS	10,64	10,50	10,47	11,32	10,37	0,2385	0,2097	0,6378	0,0912	7,45
CMO	9,24	9,15	9,22	9,86	9,00	0,1873	0,2641	0,7787	0,0709	7,28
CEE	0,29	0,30	0,30	0,31	0,28	0,2381	0,8710	0,5477	0,0817	7,54
CPB	1,22	1,19	1,21	1,27	1,16	0,3995	0,2888	0,8462	0,0761	7,26
CFDNcp	3,90	3,93	3,93	4,18	3,84	0,1663	0,4029	0,6303	0,0811	7,24
CCNFcp	3,85	3,78	3,89	4,14	3,83	0,1173	0,2498	0,9664	0,1060	7,28
CNDT	6,93	6,90	6,67	7,46	6,82	0,3757	0,2450	0,4376	0,1995	10,52
	% peso corporal									
CMS	2,82	2,84	2,72	3,02	2,89	0,3228	0,2333	0,2464	0,4120	8,08
CFDNcp	0,98	1,00	0,96	1,05	1,00	0,2113	0,2999	0,2179	0,2645	7,11
	Ricina									
mg/dia	0,00	21,60	26,97	44,08	1187,97	0,1246	0,8559	0,7370	<0,0001	17,23
mg/kgPC	0,00	0,04	0,06	0,10	3,06	0,0586	0,7889	0,8191	<0,0001	12,69

¹CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CEE = consumo de extrato etéreo; CPB = consumo de proteína bruta; CFDNcp = consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNFcp = consumo de carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteína; CNDT = consumo médio de nutrientes digestíveis totais estimados a partir do teor de NDT das dietas no capítulo II = CMS*%NDT das dietas.

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C).

⁵100² versus FMNT³.

⁶CV = coeficiente de variação

Apesar de não ter sido observado efeito ($P>0,05$) para os consumos dos constituintes das dietas, em termos absolutos, verificou-se, aumento médio de 8,39% no consumo de MS (CMS, em kg/dia) dos animais alimentados com a dieta contendo FMT em relação aos alimentados com a dieta contendo FMNT. Este comportamento pode ser

explicado pela redução dos teores de ricina e aumento da taxa de degradação ruminal (kd) da fração potencialmente degradável da FDN (FDN_{pd}) do farelo de mamona com tratamento alcalino.

Segundo Oliveira (2008), o FMNT apresenta alta fração indigerível da FDN (em média 66% da FDN), devido aos elevados teores de cutina, e que o tratamento do FM com cal não tem efeito sobre a fração indegradável da FDN, mas aumentou em média 7% a taxa de degradação ruminal (kd) da FDN_{pd}. Ainda não se descarta a possibilidade de efeitos subclínicos nos animais alimentados com FMNT, os quais podem explicar, pelo menos parcialmente, o aumento no CMS com a redução da toxicidade da ricina promovida pelo tratamento alcalino.

Pode-se observar, em termos absolutos, um aumento de 6% no CMS dos animais alimentados com 100% de FMT em relação aos alimentados com FS. Uma explicação para este aumento de consumo seria o aumento da concentração de minerais das dietas contendo FMT, uma vez que a inclusão de cal pode favorecer a formação de carbonato de cálcio que tem efeito tamponante. Os tampões têm a função de neutralizar o excesso de ácidos produzidos no rúmen em situações onde os sistemas tamponantes são insuficientes. Segundo Russell & Chow (1993), a ação dos tampões no rúmen seria explicada pelo aumento na ingestão de água e conseqüente aumento na taxa de passagem de líquidos que poderia resultar em maior CMS.

O CMS médio observado foi de $10,66 \pm 0,33$ kg/dia e de $2,86 \pm 0,10\%$ PC. Os valores de CMS estimados pelas equações propostas por Valadares Filho et al. (2006) para bovinos mestiços de aproximadamente 400 kg, foi de 9,42 kg/dia e 2,33%PC, respectivamente. O maior consumo encontrado neste trabalho pode ser justificado pela predominância de grau de sangue holandês dos animais.

O consumo de proteína bruta (CPB) foi, em média para as cinco dietas, de 1,21 kg/dia proporcionando um ganho médio diário (Tabela 5) de 1,44 kg/dia (média para as cinco dietas). Segundo Valadares Filho et al. (2006), machos castrados de 400 kg com ganho médio diário de 1,50 kg/dia, deveriam consumir 1,16 kg/dia de PB, valor aproximado ao encontrado neste trabalho. Já o consumo de nutrientes digestíveis totais estimado (CNDT) foi de 6,96 kg/dia em média para as cinco dietas. Segundo os mesmos autores, animais com as características citadas deveriam consumir 6,73 kg/dia de NDT, valor próximo ao observado.

Quando expressos em % do peso corporal, os consumos de MS e FDN também não foram influenciados ($P>0,05$) pelos níveis de FMT ou pelo tratamento alcalino.

Na Tabela 5 são apresentadas as médias, contrastes e coeficientes de variação para peso corporal inicial e final (PCI e PCF), peso de corpo vazio (PCVZ), ganho de peso total (GPT), ganho de peso de corpo vazio total (GPCVZT), ganho médio diário (GMD), ganho médio diário de peso de corpo vazio (GMDPCVZ) e as relações PCVZ/PVF e GMDPCVZ/GMD. Apesar de não ter sido observado nenhum efeito ($P>0,05$) sobre estas variáveis, numericamente, o GMD foi 20% maior para os animais que consumiram a dieta com 100% de FMT em relação aos animais alimentados com 0% de FMT, porém o ganho de carcaça (GC) (Tabela 6) foi numericamente semelhante.

A determinação do PCVZ dos animais é frequentemente utilizada em estudos de exigências nutricionais e de grande importância em estudos de ganho de peso, já que elimina erros devidos as variações no conteúdo gastrintestinal dos animais (Lana et al., 1992). No presente trabalho, as relações PCVZ/PCF e GMDPCVZ/GMD foram, em média, $0,888 \pm 0,007$ e $0,858 \pm 0,020$, respectivamente. O NRC (1996) para gado de corte preconiza os valores de 0,891 e 0,951 e Valadares Filho et al. (2006), para animais Nelore, menciona 0,896 e 0,933, respectivamente. A divergência entre os valores

citados na literatura e os encontrados neste trabalho pode ser explicada pelo grupo genético dos animais utilizados no experimento, os quais na sua maioria, eram predominantemente mestiços da raça holandesa.

Tabela 5 – Desempenho de bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Itens ¹	Nível de substituição do FS pelo				FMNT ³	Contraste (Valor- <i>P</i>) ⁴			Cal ⁵	CV ⁶ (%)
	FMT					Nível de FMT				
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²		L	Q	C		
PCI	353,89	341,93	357,23	341,31	325,73	0,6293	0,8551	0,2095	0,3048	6,50
PCF	461,49	459,59	472,99	475,65	456,89	0,2317	0,8302	0,5620	0,2133	4,74
PCVZ	414,35	404,66	413,06	421,60	401,38	0,5208	0,3886	0,7021	0,1851	5,46
PCVZ/PCF	0,90	0,90	0,89	0,88	0,87	0,1020	0,7312	0,6453	0,3362	1,98
GPT	107,60	117,66	115,76	134,34	131,16	0,0667	0,6517	0,4162	0,8061	16,11
GPCVZT	98,23	99,75	95,05	113,95	111,55	0,1683	0,2056	0,3269	0,7996	13,91
GMD	1,28	1,40	1,38	1,60	1,56	0,0655	0,6535	0,4166	0,8110	16,08
GMDPCVZ	1,17	1,19	1,13	1,36	1,33	0,1690	0,1958	0,3324	0,8010	13,89
GMDPCVZ/ GMD	0,91	0,85	0,82	0,86	0,85	0,1321	0,0677	0,6266	0,6287	6,54

¹PCI = peso corporal inicial (kg); PCF = peso corporal final (kg); PCVZ = peso de corpo vazio (kg); GPT = ganho de peso total (kg); GPCVZT = ganho de peso de corpo vazio total (kg); GMD = ganho médio diário (kg/dia); GMDPCVZ = ganho médio diário de peso de corpo vazio (kg/dia).

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C).

⁵100² versus FMNT³.

⁶CV = coeficiente de variação.

As médias das características de carcaça e rendimento de cortes básicos em função da substituição do FS pelo FMT e do tratamento alcalino do FMNT estão apresentadas na Tabela 6. Foi observado efeito linear ($P < 0,05$) apenas para o rendimento de carcaça em relação ao peso corporal (RCPC), o qual reduziu linearmente ($P < 0,05$) com o aumento da substituição do FS pelo FMT. As variações de peso do conteúdo gastrointestinal, possivelmente expliquem este comportamento, uma vez que o rendimento de carcaça em relação ao peso de corpo vazio (%) não diferiu ($P > 0,05$) entre as dietas. Para as demais características de carcaça não foi observado efeito ($P > 0,05$), sendo que o ganho de carcaça foi, em média, 66,2 kg, ou 4,41 arrobas.

Tabela 6 – Características de carcaça e rendimento de cortes comerciais de bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Itens ¹	Nível de substituição do FS pelo FM				FMNT ³	Contraste (Valor-P) ⁴			Cal ⁵	CV ⁷ (%)
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²		Nível de FMT				
						L ⁶	Q	C		
Características de Carcaça										
GC	70,08	64,46	67,43	68,33	60,72	0,9443	0,6525	0,7417	0,4611	23,68
GMDC	0,83	0,77	0,80	0,81	0,72	0,9436	0,6471	0,7361	0,4686	23,60
RCPC	53,68	53,24	52,31	51,36	51,69	0,0034	0,6211	0,8448	0,6521	2,11
RCPVZ	59,68	59,81	59,43	59,32	59,30	0,4336	0,7629	0,6643	0,9685	1,48
COMP	1,31	1,33	1,34	1,35	1,32	0,1959	0,8235	0,9471	0,3592	2,90
AOL	61,07	65,30	72,11	69,95	64,55	0,0532	0,3842	0,4814	0,3037	11,64
EGS	5,78	5,20	4,80	3,99	5,14	0,0718	0,8708	0,8492	0,2463	29,86
Rendimento dos Cortes Básicos (%)										
Dianteiro	39,87	39,21	40,04	38,64	39,13	0,1712	0,4150	0,0820	0,4464	2,46
Acém	22,83	21,87	22,36	21,58	21,42	0,1224	0,8432	0,1896	0,8014	4,39
Paleta	17,04	17,34	17,68	17,06	17,72	0,7617	0,1223	0,4470	0,1215	3,52
Traseiro	60,13	60,79	59,96	61,36	60,87	0,1712	0,4150	0,0820	0,4464	1,60
PA	15,02	15,59	14,73	14,86	14,10	0,4607	0,5826	0,1923	0,1972	5,80
Coxão	26,97	27,59	27,34	28,06	28,92	0,0853	0,8907	0,2844	0,1194	2,87
Alcatra	18,14	17,61	17,88	18,44	17,85	0,4218	0,1100	0,7189	0,2131	3,89

¹GC = ganho de carcaça (kg); GMDC = ganho médio diário de carcaça (kg/dia); RCPC = rendimento de carcaça em relação ao peso corporal (%); RCPVZ = rendimento de carcaça em relação ao peso de corpo vazio (%); COMP = comprimento de carcaça (m); AOL = área de olho de lombo (cm²); EGS = espessura de gordura subcutânea (mm); PA = ponta de agulha.

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C)

⁵100² versus FMNT³.

⁶ $\hat{Y}_{RCPV} = 61,908 - 0,5046 * FM$ ($r^2 = 90,17\%$).

⁷CV = coeficiente de variação.

O grau de acabamento das carcaças é avaliado pela EGS, sendo esta a característica de maior impacto no rendimento, visto que o rendimento de carne magra diminui com o aumento na EGS. A principal função da gordura subcutânea é a proteção contra o frio, evitando o "Cold Shortening" (encurtamento do sarcômero pelo frio), que provoca o encolhimento das fibras musculares, tornando rígidos os cortes mais superficiais. Ao final do experimento todos os animais apresentaram-se adequadamente terminados, atendendo às exigências do mercado, já que apresentaram mais de 3 mm de

espessura de gordura na carcaça, sendo estas consideradas de boa qualidade (Luchiari Filho, 2000).

Também não foi verificado efeito ($P>0,05$) dos níveis de substituição do FS pelo FMT e do tratamento alcalino do FMNT sobre os cortes de carcaça básicos. O grau de rendimento dos cortes cárneos desossados e aparados do excesso de gordura, é uma estimativa da quantidade de carne comercializável ou da porção comestível de uma carcaça. Segundo Luchiari Filho (2000), é desejável que uma carcaça apresente em torno de 45 a 50% de traseiro especial, 38 a 43% de dianteiro com cinco costelas e 12 a 16% de ponta de agulha. Os resultados do presente trabalho estão de acordo com esses valores. Verifica-se escassez de dados na literatura com relação ao estudo de características de carcaça e rendimento dos cortes comerciais, em bovinos, particularmente quando se utiliza farelo de mamona na dieta.

Os resultados encontrados em relação à composição física das carcaças estão apresentados na Tabela 7. Observou-se efeito cúbico ($P<0,05$) dos níveis de substituição do FS pelo FMT sobre a proporção de músculo, sendo estimadas as proporções máximas e mínimas de 60 e 52,97% de músculo, respectivamente, para os níveis de 76,74 e 18,67% de inclusão de FMT em substituição ao FS nas dietas. Houve redução linear ($P<0,05$) na proporção de gordura e aumento linear ($P<0,05$) na proporção de ossos com o incremento de FMT nas dietas. Uma possível justificativa para o decréscimo na proporção de gordura com o aumento de inclusão de FMT na dieta seria a maior presença de sangue holandês dos animais utilizados neste trabalho.

Tabela 7 – Composição física de carcaças de bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Itens (%)	Nível de substituição do FS pelo FM				FMNT ²	Contraste (Valor-P) ³			Cal ⁴	CV ⁷ (%)
	0% ¹	33% ¹	67% ¹	100% ¹		Nível de FMT				
						L ⁵	Q	C ⁶		
Músculo	55,73	53,97	59,04	56,12	56,74	0,2225	0,6022	0,0087	0,6935	4,22
Gordura	31,65	30,00	25,75	26,19	27,43	0,0077	0,4984	0,2977	0,5699	11,63
Ossos	14,24	16,74	16,08	17,85	16,49	0,0024	0,5693	0,0645	0,1462	8,34

¹Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

²100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

³Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C).

⁴100² versus FMNT³.

⁵ $\hat{Y}_{\text{gordura}} = 31,358 - 0,0605 * FM$ ($r^2 = 84,29\%$); $\hat{Y}_{\text{osso}} = 14,748 + 0,0306 * FM$ ($r^2 = 79,01\%$)

⁶ $\hat{Y}_{\text{músculo}} = 55,608 - 0,3073 * FM + 0,0102 * FM^2 - 0,00007142 * FM^3$ ($r^2 = 53,83\%$).

⁷CV = coeficiente de variação.

A determinação da composição corporal do animal é o primeiro passo para a estimativa dos requerimentos nutricionais dos mesmos, sendo assim de grande importância a determinação da composição física da carcaça. Além disso, a proporção dos tecidos que compõem a carcaça está diretamente relacionada com a sua qualidade, sendo interessante sua obtenção. Não foram encontrados na literatura consultada dados relacionados à composição física da carcaça de bovinos alimentados com farelo de mamona.

Na Tabela 8 pode-se observar os custos das dietas utilizadas neste trabalho considerando o preço dos alimentos no período de Abril a Junho/2009. Nota-se que a dieta com 100% de FMNT foi a de menor valor em relação ao custo por tonelada de MS, seguida pela dieta com 100% de FMT. Porém, em relação ao custo por @ de carcaça, a dieta com 0% de FMT foi a de menor custo já que os animais que consumiram esta dieta apresentaram, em termos absolutos, um maior ganho de carcaça. Nesta situação, o valor do FMT foi 88,3% do valor do FS.

Tabela 8 – Custo das dietas utilizadas no experimento considerando o preço dos alimentos no período de Abril a Junho/2009

Ingredientes	Nível de FMT nas dietas (%)				FMNT ²	Preço dos alimentos ³ R\$/kg MS
	0 ¹	33 ¹	67 ¹	100 ¹		
Silagem de milho	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00	0,3129
Fubá de milho	24,68	24,68	24,68	24,68	24,68	0,5189
Farelo de soja	9,14	6,09	3,05	0,00	0,00	1,0367
Farelo de mamona tratado	0,00	3,05	6,09	9,14	0,00	0,9029
Farelo de mamona não tratado	0,00	3,05	6,09	0,00	9,14	0,8093
Farelo de trigo	0,42	0,41	0,28	0,02	0,00	0,5747
Uréia/sulfato de amônio	0,18	0,36	0,49	0,75	0,61	1,2000
Sal mineral	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	1,2500
Calcáreo	0,18	0,00	0,00	0,00	0,16	0,1800
Custo da dieta – R\$/ton de MS	0,4364	0,4341	0,4308	0,4284	0,4183	
CMS kg/dia	10,64	10,50	10,47	11,32	10,37	
Custo da dieta – R\$/cab/dia	4,64	4,56	4,51	4,85	4,34	
Ganho de carcaça, kg/cab/dia	0,83	0,77	0,80	0,81	0,72	
Custo da dieta – R\$/@ carcaça	83,91	88,71	84,58	89,80	90,37	

¹Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de Cal/Kg.

²100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

³Silagem de milho (região de Viçosa/MG) = R\$ 90,00/ton de MN; Fubá de milho (varejo em Viçosa/MG) = R\$ 450,00/ton de MN; Farelo de soja = (Uberlândia/MG posto em Viçosa/MG) = R\$ 830,00/ton de MN + R\$ 74,10/ton de frete (considerando custo de R\$ 0,10/ton/km, segundo Sifreca (2009)); Farelo de mamona não tratado (BOM Brasil, Salvador/BA, posto em Viçosa/MG) = R\$ 600,00/ton de MN + R\$ 134,00/ton de frete (considerando custo de R\$ 0,10/ton/km, segundo Sifreca (2009)); Farelo de mamona tratado com 60g de Cal/kg = preço do farelo de mamona não tratado + custo do tratamento alcalino (R\$ 19,20/ton de farelo referente a cal e R\$ 45,00/ton de farelo referente a mão de obra considerando R\$ 3,00 hora-homem); Farelo de trigo (varejo em Viçosa/MG) = R\$ 500,00/ton de MN; Uréia+Sulfato de amônio (varejo em Viçosa/MG) = R\$ 1,20/kg de MN; Sal mineral (varejo em Viçosa/MG) = R\$ 1,25/kg de MN; Calcáreo (varejo em Viçosa/MG) = R\$ 0,18/kg de MN.

Considerando que o preço dos alimentos é dependente do local, para decidir qual dieta utilizar, deve-se levar em consideração o preço dos alimentos na região pretendida. Em vista disto, foi realizada análise de sensibilidade para melhor discriminar qual dieta é aconselhável em função do preço do FMT e do FS. (Tabela 9)

Observou-se que dependendo das relações de preços, a dieta economicamente ótima (menor custo por ganho de carcaça) é alterada. Se o preço do FMT for até 15% do valor do FS, recomenda-se utilizar a dieta com 100% FMT, porém se o valor do FMT for equivalente a 85%, ou mais, do preço do farelo de soja é preferível optar pela não

utilização do FMT. Considerando as relações entre 20 e 80% de FMT:FS, a dieta com 67% de substituição de FMT foi a mais vantajosa. Em relação a substituição do FMT pelo FMNT, não foi observado nenhuma situação em que esta inclusão fosse vantajosa, já que o ganho de carcaça foi numericamente inferior ao das demais dietas.

Tabela 9 – Análise de sensibilidade do custo por ganho de carcaça das dietas em função de preços do farelo de mamona tratado em relação ao preço do farelo de soja (%)

Preço do kg de FMT (% do preço do kg de FS)	Custo da dieta – R\$/@ carcaça				
	Nível de FMT nas dietas (%)				FMNT ²
	0 ¹	33 ¹	67 ¹	100 ¹	
10	83,91	83,79	75,00	74,46	74,97
15	83,91	84,11	75,62	75,44	75,95
20	83,91	84,43	76,23	76,42	76,93
25	83,91	84,75	76,84	77,40	77,92
30	83,91	85,07	77,45	78,38	78,90
35	83,91	85,39	78,06	79,36	79,89
40	83,91	85,71	78,67	80,34	80,87
45	83,91	86,03	79,28	81,32	81,85
50	83,91	86,35	79,90	82,30	82,84
55	83,91	86,67	80,51	83,28	83,82
60	83,91	86,98	81,12	84,26	84,81
65	83,91	87,30	81,73	85,24	85,79
70	83,91	87,62	82,34	86,22	86,78
75	83,91	87,94	82,95	87,20	87,76
80	83,91	88,26	83,56	88,18	88,74
85	83,91	88,58	84,18	89,16	89,73
90	83,91	88,90	84,79	90,14	90,71

¹Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de Cal/Kg.

² O valor do farelo de mamona não tratado foi calculado descontando o custo do tratamento alcalino e mão-de-obra (R\$ 0,0642/kg) do valor do farelo de mamona tratado.

Conclusões

A substituição total ou parcial do farelo de soja por farelo de mamona tratado com cal (60 g/kgMN) não alterou o desempenho e os rendimentos de carcaça e cortes básicos dos animais. Portanto, conclui-se que o farelo de soja pode ser parcial ou totalmente substituído pelo farelo de mamona tratado.

O farelo de mamona não tratado apresentou resultados satisfatórios para o consumo diário de ricina de 3 mg/kgPC, contudo considerando o perigo da presença dessa toxina, cautela deve ser tomada em sua utilização, pois os resultados podem ser influenciados pelas quantidades de ricina presentes nos diferentes tipos de farelo.

Literatura Citada

- ALEXANDER, J.; BENFORD, D.; COCKBURN, A. et al. Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on ricin (from *Ricinus communis*) as undesirable substances in animal feed. **The European Food Safety Authority Journal**, v.726, p.1-38, 2008.
- BRADFORD, M.M. A rapid sensitive method for quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye binding. *Analytical Biochemistry*, v.72, p.248-254, 1976.
- GARDNER J.R., H.K.; D'AQUIN, E.L.; KOULTUN, S.P. et al. Detoxification and deallergenization of Castos Beans. **The Journal of the American Oil Chemists Society**. v.37, p.142-148, 1960.
- HALL, M.B.; AKINYODE, A. Cottonseed hulls: working with a novel fiber source. In: Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 11., 2000, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville, 2000. p.179-186.
- HANKINS, O.G.; HOWE, P.E. **Estimation of the composition of beef carcasses and cuts**. [T.B.]: United Sates Department of Agriculture, 1946. p.1-19 (Technical Bulletin – USDA, 926).
- KABAT, E.A.; HEIDELBERGER, M.; BEZER, A.E. A study of the purification and properties of ricin. **Journal of Biological Chemistry**, v.168, p.629-639, 1947.
- LAEMMLI, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of head of bacteriophage T4. **Nature**, v.227, p.680-685, 1970.
- LANA, R.P.; FONTES, C.A.A.; MORAIS, C.A.C. et al. Predição do peso de corpo vazio com base no peso de carcaça e peso vivo, em bovinos. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 29., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras:SBZ, 1992. p.165.
- LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. Tradução: SIMÕES, A.A.; LODI, W.R.N. 2.ed. São Paulo: Sarvier, 1995.
- 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, n.4, p.347-358, 1996.
- LUCHIARI FILHO, A. **Pecuária da carne bovina**. 1ª ed. – São Paulo: A. Luchiari Filho, 2000. 134p.
- 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.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C.:National Academy, 1996. 242p.

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle.** 7. ed. National Academic Press. Washington, D.C.: 2001. 381p.
- 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: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2007, Brasília. **Anais...CD-ROM** Brasília: MCT/ABIPTI, p.1-6, 2007.
- OLIVEIRA, A.S. **Co-produtos da extração de óleos de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes.** Viçosa, 2008. 165p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PERONE, J.C.; IACHAN, A.; DOMONT, G.B. et al. **Contribuição ao estudo da torta de mamona.** Rio de Janeiro: Departamento de Imprensa Nacional, 1966. 51p.
- RUSSELL, J.B; CHOW, J.M. Another theory for the action of ruminal buffer salts, decreased starch fermentation and propionate production. **Journal of Dairy Science**, 76:826, 1993.
- SAS INSTITUTE. **SAS system for windows:** versão 9.0. Cary: SAS Institute, 2005.
- SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a torta de mamona.** Campina Grande: EMBRAPA-Algodão, 2005. 31p. (EMBRAPA-Algodão. Documentos, 134).
- SIFRECA – SISTEMAS DE INFORMAÇÕES DE FRETES. 2009. Disponível em: <<http://www.sifreca.esalq.usp.br>>
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J., O'CONNOR J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE.** 1.ed. – Viçosa : UFV, DZO, 2006, 142p.
- WALLER, G.R.; NEGI, S.S. Isolation of ricin, ricinine, and the allergenic fraction from castor seed pomace from two different sources. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.35, p.409-412, 1958.

Avaliação Nutricional do Farelo de Mamona para Bovinos em Terminação

RESUMO – Objetivou-se avaliar o efeito da substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com cal (FMT) ou não (FMNT) sobre os consumos e digestibilidades totais, ruminais e intestinais dos constituintes da dieta, o pH e as concentrações de amônia no rúmen, a excreção de N-uréico na urina, a cinética de degradação ruminal dos alimentos protéicos e a estimativa da produção de proteína microbiana obtida através dos derivados de purinas urinários ou das bases de purina no abomaso. Foram utilizados cinco bovinos machos, castrados, mestiços zebuínos, com peso médio inicial de $360 \text{ kg} \pm 30,27$, fistulados no rúmen e abomaso. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 5x5, sendo cinco animais, cinco períodos e cinco tratamentos. Cada período experimental teve a duração de 14 dias, sendo oito de adaptação e seis dias para as coletas. Os cinco tratamentos consistiram de quatro níveis de substituição do FS pelo FMT: 0, 33, 67 e 100%, na base da MS e um tratamento com 100% de substituição do FS pelo FMNT. A dieta foi constituída de 35% de concentrado na base da MS. Verificou-se que apenas a digestibilidade da MS foi reduzida ($P < 0,05$) pelo tratamento alcalino do farelo de mamona. Com exceção da digestibilidade aparente ruminal da PB (DRPB), não houve efeito da cal ($P > 0,05$) sobre a digestibilidade dos demais constituintes. Observou-se um incremento de 24,2% da DRPB ($P < 0,05$) para o FMNT em relação ao FMT. As digestões intestinais dos constituintes da dieta não foram afetadas pelo nível de substituição do FS pelo FMT. Porém, o tratamento alcalino do FMNT reduziu ($P < 0,05$) a digestão intestinal do EE. Não houve interação ($P > 0,05$) entre tratamento e tempo sobre o pH ruminal, porém o pH foi influenciado ($P < 0,05$) pelo tempo de coleta das amostras, sendo o valor mínimo observado de 6,23, às 5,8 horas após o fornecimento da alimentação. Houve interação ($P < 0,05$) entre tratamentos e tempos de amostragem para as concentrações de N-NH₃. Não foi observada diferença ($P > 0,05$) para as excreções de compostos nitrogenados na urina em função dos níveis de substituição do FS pelo FMT e do tratamento alcalino do FMNT. A relação N-RNA:N-total dos microrganismos não foi afetada pelos níveis de FMT, apresentando média de 0,138. Não foram detectadas diferenças ($P > 0,05$) entre os dois métodos de coleta para estimar a produção de proteína bruta microbiana. O farelo de mamona tratado com 6% de cal pode substituir totalmente o farelo de soja em dietas de bovinos mestiços.

Palavras-chave: degradabilidade, derivados de purinas, digestibilidade parcial, ricina, *Ricinus communis* L.

Nutritional Evaluation of Castor Bean Meal to Finishing Cattle

ABSTRACT – was conducted aiming to evaluate the effect of replacing soybean meal (SM) by castor bean meal treated (CMT) with calcium oxide or not (CMWT) on feed intake, total, ruminal and intestinal digestibility diet's constituents, ruminal concentrations pH and ammonia, the urinary N-urea excretion, the ruminal degradation kinetics of the protein feed and the estimation of the microbial protein production obtained from the urinary purine derivatives excretion or the purine bases in the abomasum. Five *Bos indicus* steers were used, with 360 kg \pm 30,27 of initial body weight cannulated in the rumen and abomasum. The experimental design was in Latin Square 5x5, with five animals, five periods and five treatments. Each experiment had duration of 14 days, eight days of adaptation and six to the collections. The animals were fed with a diet containing 65% of corn silage and 35% concentrate, in dry matter basis (DM). It was used five diets with four levels of SM replaced by CMT: 0, 33, 67 and 100%, in DM basis and one treatment with 100% of SM replaced by CMWT. Only the DM digestibility was reduced ($P<0,05$) by castor bean meal alkaline treatment. With the exception of crude protein ruminal digestibility (CPRD), there was no effect of calcium oxide ($P>0,05$) on the other digestibility constituents. There was an increase of 24,2% CPRD ($P<0,05$) for the CMWT on CMT. The intestinal digestibility of diet's constituents were not affected by the level of replacement of SM by CMT. However, the alkaline treatment of CMWT reduced ($P<0,05$) the EE intestinal digestion. There was no interaction ($P>0,05$) between treatment and time on ruminal pH, but the pH was influenced ($P<0,05$) by the time of blood collection, and the minimum value observed was 6,23 at 5,8 hours after the feeding. There was an interaction ($P<0,05$) between treatments and sampling times for N-NH₃ concentrations. There was no difference ($P>0,05$) for the urinary nitrogenous compounds excretion on the levels of replacement of SM by CMT and alkaline treatment of CMWT. The microorganisms RNA-N: N-total ratio was not affected by levels of CMT, with 0,138 of average. No differences were found ($P>0,05$) between the two methods of collection to estimate the crude protein microbial production. The castor bean meal treated with 6% of calcium oxide can replace soybean meal fully in the diets of feedlot beef cattle. The castor bean meal without treatment showed satisfactory results, however considering the danger of the presence of ricin, caution should be taken into use.

Key words: degestibility, parcial digestibility, purine derivatives, ricin, *Ricinus communis* L.

Introdução

A cultura da mamona (*Ricinus Communis* L.) é uma das mais tradicionais no semi-árido brasileiro, sendo de relevância econômica e social, com inúmeras aplicações industriais. Assim, a expectativa de crescimento desta cultura cria uma janela de oportunidades para a produção de ruminantes, através da oferta potencial de torta e farelo de mamona, principais co-produtos dessa cultura.

O farelo de mamona apresenta-se como um alimento concentrado protéico, correspondendo a 80% do teor de proteína bruta (PB) do farelo de soja, com degradabilidade ruminal efetiva da PB intermediária entre o farelo de soja e o farelo de algodão (Moreira et al., 2003).

Além do conhecimento do consumo e da composição bromatológica dos alimentos, torna-se importante obter informações sobre a utilização dos nutrientes pelo animal, o que é obtido por estudos de digestão. Para Coelho da Silva & Leão (1979), digestibilidade é característica do alimento e indica a porcentagem de cada constituinte de um alimento que o animal pode utilizar. Contudo, a inclusão de um ingrediente a determinada ração pode modificar sua digestão, devido ao efeito associativo entre alimentos.

Embora existam algumas informações sobre o farelo de mamona, a ricina e métodos de destoxificação como resultado de pesquisas realizadas em diversos países, ainda se faz necessário pesquisas objetivando, em particular, conhecer suas propriedades nutricionais, visando o aproveitamento desses produtos na alimentação animal.

Sendo assim, o objetivo com este trabalho foi avaliar o efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado com cal ou não sobre os consumos e digestibilidades totais, ruminais e intestinais dos nutrientes, o pH e as concentrações de

nitrogênio amoniacal no rúmen e a excreção de nitrogênio uréico na urina. Também foram avaliadas a cinética de degradação ruminal dos alimentos protéicos utilizados e a produção de proteína bruta microbiana obtida através dos derivados de purinas urinários ou das bases de purina no abomaso.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório Animal do Departamento de Zootecnia (DZO), da Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa-MG. Foram utilizados cinco bovinos machos, castrados, mestiços zebuínos, com peso médio inicial de $360 \text{ kg} \pm 30,27$, fistulados no rúmen e abomaso, segundo técnica descrita por Leão e Coelho da Silva (1980).

Os animais foram mantidos em regime de confinamento do tipo *tie stall*, em baias cobertas, com piso de concreto revestido de borracha, de 3 x 3 m de área, e dotados de comedouros individuais e bebedouros automáticos. O delineamento experimental utilizado foi o quadrado latino 5x5, sendo cinco animais, cinco períodos e cinco tratamentos. Cada período experimental teve a duração de 14 dias, sendo oito de adaptação e seis dias para as coletas, sendo os animais pesados no início e no final de cada período experimental.

Os animais foram alimentados com uma dieta contendo 65% de silagem de milho e 35% de concentrado, base da matéria seca (MS). Os cinco tratamentos consistiram de quatro níveis de substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de mamona tratado com cal (FMT): 0, 33, 67 e 100%, na base da MS e um tratamento com 100% de substituição do FS pelo farelo de mamona sem tratamento (FMNT). A mistura de 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, cuja proporção de ingredientes nas dietas se encontra na Tabela 1.

Tabela 1 - Proporções dos ingredientes nas dietas experimentais, em porcentagem da matéria seca

Ingredientes	Nível de FMT nas dietas (%)				FMNT ²
	0 ¹	33 ¹	67 ¹	100 ¹	
Silagem de milho	65,00	65,00	65,00	65,00	65,00
Fubá de milho	24,68	24,68	24,68	24,68	24,68
Farelo de soja	9,14	6,09	3,05	0,00	0,00
Farelo de mamona	0,00	3,05	6,09	9,14	9,14
Farelo de trigo	0,42	0,41	0,28	0,02	0,00
Uréia/sulfato de amônio	0,18	0,36	0,49	0,75	0,61
Sal mineral	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42
Calcáreo	0,18	0,00	0,00	0,00	0,16

¹Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

²100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

Após análise dos ingredientes disponíveis, as dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas, com 12,0% de PB (base da MS), de forma a atender as exigências nutricionais de um bovino zebu com 360 kg de peso corporal, com ganho de peso de 1,25 kg/dia, segundo Valadares Filho et al. (2006). A composição químico-bromatológica dos ingredientes é apresentada na Tabela 2 e a composição média das dietas experimentais na Tabela 3.

O farelo de mamona foi adquirido de agroindústria localizada na região de Salvador-BA. O tratamento do farelo de mamona foi realizado, utilizando solução de cal (CaO), sendo cada kg diluído em 10 litros de água, e aplicado na quantidade de 60 gramas de cal por kg de farelo, na base da matéria natural, conforme recomendado por Oliveira et al. (2007). Após a mistura do farelo com a solução de cal, o material permaneceu em repouso por um período de doze horas (uma noite), sendo logo após seco em terreiro de cimento. O tempo de secagem variou de acordo com as condições climáticas, sendo de aproximadamente de 48 horas.

Tabela 2 – Composição químico-bromatológica dos ingredientes utilizados nas rações experimentais

Itens ¹	Alimentos ⁵					
	SM	Milho	FS	FMT	FMNT	FT
MS (%)	28,76	86,72	87,21	88,38	90,70	88,01
MO ²	93,89	98,89	94,00	82,28	91,66	92,69
PB ²	7,67	9,35	51,29	34,44	35,78	16,63
NNP ³	47,08	16,52	13,15	28,90	28,05	19,27
PDR ⁴	73,77	41,22	60,09	42,62	61,93	80,00
Ricina ⁵	0,00	0,00	0,00	39,16	1143,7	0,00
EE ²	3,50	4,19	1,56	1,71	1,73	3,53
CHOt ²	82,73	85,36	41,15	46,13	54,15	73,68
FDNcp ²	53,91	14,53	12,52	38,09	47,19	37,98
CNFcp ²	28,81	70,83	28,53	8,05	6,96	35,29
FDAc ²	28,47	3,41	11,73	30,45	35,07	13,52
Lignina ²	3,54	1,03	1,68	6,08	5,10	4,00

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; NNP = nitrogênio não protéico; PDR = proteína degradada no rúmen; EE = extrato etéreo; CHOt = carboidratos totais; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNFcp = carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína.

²% base da MS; ³% do nitrogênio total. ⁴% base da PB adotando-se valor de taxa de passagem (Kp) de 0,04954 h⁻¹ para os alimentos concentrados, segundo equações preditivas descritas pelo NRC (2001), (valores tabelados para SM e milho segundo Valadares Filho et al., 2006); ⁵mg/kgMS.

⁵SM = silagem de milho, FS = farelo de soja; FMNT = farelo de mamona não tratado; FMT = farelo de mamona tratado; FT = farelo de trigo (segundo Valadares Filho et al., 2006).

Tabela 3 - Composição média das dietas experimentais

Itens ¹	Nível de FMT nas dietas (%)				FMNT ⁷
	0 ⁶	33 ⁶	67 ⁶	100 ⁶	
MS (%)	48,51	48,56	48,74	48,56	48,54
MO ²	94,56	94,44	94,13	94,12	94,67
PB ²	12,23	12,03	12,08	12,03	12,02
NNP ³	35,89	37,16	40,00	43,58	43,76
PDR ⁴	64,40	64,33	64,04	63,94	65,35
Ricina ⁵	0,00	1,19	2,38	3,58	104,53
EE ²	2,80	2,85	2,82	2,80	2,80
CHOt ²	79,52	79,56	79,23	79,29	79,85
FDNcp ²	41,03	41,32	41,17	41,53	41,21
CNFcp ²	38,76	38,79	38,86	38,81	39,59
FDAc ²	21,85	21,18	22,02	22,38	23,57
Lignina ²	2,83	3,13	3,74	3,69	3,75

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; NNP = nitrogênio não protéico; PDR = proteína degradada no rúmen; EE = extrato etéreo; CHOt = carboidratos totais; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNFcp = carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteína; FDAcp = fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína.

²% base da MS; ³% do nitrogênio total; ⁴% base da PB; ⁵mg/kgMS.

⁶Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

⁷100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

Os animais receberam alimentação fornecida duas vezes ao dia, às 7:00 e às 15 horas. Diariamente foram feitas pesagens e amostragens das quantidades das dietas fornecidas e das sobras de cada animal. Para estimativa do consumo foram realizadas amostras compostas de sobras para cada animal, em cada período experimental .

Foram realizadas coletas totais de fezes e urina por três dias de cada período para estimativa da digestibilidade dos constituintes da dieta. Ao final de cada dia de coleta, as fezes foram pesadas e homogeneizadas e uma amostra retirada, pesada, e pré-seca em estufa de ventilação forçada, a 65°C por 72 horas, moída em moinho de facas com peneira contendo crivos de 1 mm. Ao final de cada período experimental, foi então elaborada uma amostra composta por animal, com base no peso pré-seco de cada dia de coleta.

A coleta total de urina foi realizada com auxílio de funis coletores, acoplados aos animais, dotados de mangueiras que conduziram a urina até galões contendo 500 mL de solução de ácido sulfúrico a 20%, para evitar a perda de compostos nitrogenados. Após a coleta de 24 horas de duração, foi determinado o peso total e o volume excretado, sendo retirada uma alíquota de 5% do volume diário. Uma amostra composta foi feita para os três dias de coleta. Posteriormente a amostra composta de cada animal foi homogeneizada e então coletada um amostra de 10 mL que foi diluída com 40 mL de ácido sulfúrico 0,036N, para evitar destruição bacteriana dos derivados de purina urinários e precipitação do ácido úrico. Uma amostra de 50 ml de urina foi guardada sem diluição para determinação da uréia e creatinina. As amostras foram armazenadas a -15°C para posteriores análises laboratoriais.

Para a determinação da digestibilidade aparente dos componentes da dieta no rúmen e nos intestinos, foi utilizado o dióxido de titânio (TiO₂) para estimar o fluxo de matéria seca abomasal, sendo o mesmo fornecido na quantidade diária de 15 gramas,

em dose única, diariamente às 11 horas, durante os seis últimos dias do período de adaptação e nos três dias de coletas. As análises de dióxido de titânio foram realizadas segundo Myers et al. (2004).

Nos mesmos dias das coletas de fezes e urina, foram efetuadas coletas de digesta abomasal, duas vezes ao dia, a intervalos de 15 horas, utilizando-se o seguinte esquema: dia 9, coletas às 7h e 22h; dia 10, coletas às 13h; dia 11, coletas às 4h e 19h; e dia 12, coletas às 10h. As amostras foram pesadas e, posteriormente, pré-secas em estufa ventilada a 65°C por 72 a 96 horas, moídas em moinhos com peneira de 1 mm. Ao final, foi elaborada uma amostra composta por animal, em cada período, com base no peso pré-seco de cada sub-amostra.

Nas amostras de alimentos, sobras, fezes e de conteúdo abomasal determinaram-se os teores de MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), e extrato etéreo (EE) e nas amostras de alimentos os teores de fibra em detergente ácido (FDA) e lignina (H_2SO_4 72% p/p) segundo métodos descritos em Silva & Queiroz (2002). Para análise da concentração 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 et al., 1996). A quantificação de compostos nitrogenados não protéicos (NNP) dos alimentos foi realizada segundo Licitra et al. (1996). Os teores de carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNF_{cp}) foram calculados conforme proposto por Hall (2000), sendo: $CNF_{cp} = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivada da uréia} + \%uréia) + \%FDN_{cp} + \%EE + \%Cinzas]$. Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados com adaptações ao descrito por Weiss (1999), pela seguinte equação: $NDT (\%) = PBD + FDN_{cpD} + CNF_{cpD} + 2,25EED$, em que: PBD = proteína bruta digestível; $FDN_{cpD} =$

fibra em detergente neutro digestível; CNFcpD = carboidratos não-fibrosos digestíveis; e EED = extrato etéreo digestível.

De acordo com o NRC (2001) foram calculados os teores de energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM), em que $ED \text{ (Mcal/kg)} = PBD*5,6 + EED*9,4 + FDNcpD*4,2 + CNFD*4,2$ e $EM \text{ (Mcal/kg)} = 1,01*ED - 0,45$.

Os teores de proteína degradável no rúmen (PDR) dos alimentos e das dietas foram calculados conforme recomendações do NRC (2001) através da seguinte equação: $PDR = a + b*[kd/(kd+kp)]$.

Para a avaliação da ricina nas amostras de farelo de mamona tratado ou não com 6% de cal e posterior consumo, foram adotados os mesmos procedimentos descritos no capítulo 1.

A avaliação da ricina nas amostras de conteúdo abomasal foi realizada através da separação das frações A (36 kDa) e B (29 kDa) por eletroforese em gel de 10% de poliacrilamida em condição desnaturante (SDS-PAGE), de acordo com o método proposto por Laemmli (1970). A análise eletroforética foi realizada pelo Laboratório Molecular de Plantas II, Bioagro/UFV.

Inicialmente, 250 mg de abomaso de cada animal em cada período foram adicionados em tubos “eppendorf” de 2 mL, adicionando-se 1 mL de tampão de extração TRIS 0,5 M (pH 3,8 ajustado com ácido sulfúrico 37%) e centrifugados a 14000 rpm durante 20 minutos em temperatura ambiente. O sobrenadante obtido foi liofilizado, ressuspenso com solução tampão de amostra Tris HCL 60 mM pH 6,8 (10% de glicerol, 2% de dodecil sulfato de sódio (SDS), 0,025% de azul de bromofenol e 0,025% de B-mercaptoetanol) de forma a obter concentração final de proteína total acima de 0,45 g/L (extrato bruto protéico) e sonificado a por 10 segundos 20% da potência máxima do Ultrasonic Processor (modelo GE, 50, amplitude de 70 dB.).

Para realizar a corrida eletroforética, o extrato bruto protéico aquecido à temperatura de 100°C por 5 minutos, sendo então aplicado 20 µL em cada poço do gel. A corrida eletroforética foi inicialmente conduzida a 50 Volts, até a banda do corante atingir a superfície do gel de separação, quando foi aumentada para 140 Volts, permanecendo assim até o final da corrida, definido quando o corante se aproximou da extremidade inferior do gel. Terminada a corrida, os géis foram retirados da placa e corados com solução de nitrato de prata conforme Blum et al. (1987) e realizados os seguintes procedimentos: incubação do gel por 12 horas em solução fixadora contendo 50% de metanol e 12% de ácido acético (200 ml de solução/gel); triplice lavagem com solução contendo 50% de etanol por 10 minutos cada; lavagem por 1 minuto em solução contendo 0,02% de tiosulfato de sódio (100 mL/gel); triplice lavagem com água destilada por 20 segundo cada; incubação com solução contendo 0,2% de nitrato de prata e 0,037% de formaldeído 37% (200 mL/gel) por 30 minutos; triplice lavagem com água destilada por 20 segundo cada; adição de solução reveladora contendo 4% de carbonato de cálcio, 2% de tiosulfato de sódio e 0,05% de formaldeído 37% (200 mL/gel); e paralização da solução reveladora com solução de ácido acético glacial (3 mL/gel). A identificação das frações de ricina foi realizada utilizando-se marcadores de massa molecular entre 14 a 97 KDa (GE Healthcare). Um de padrão de albumina de soro bovina (BSA, contendo 1 mg/mL de proteína) também foi utilizado.

Quatro horas após o fornecimento da ração, no décimo segundo dia de cada período, foi efetuada a coleta de sangue via punção da veia jugular, utilizando-se tubo de ensaio contendo gel separador e acelerador de coagulação, sendo as amostras imediatamente enviadas para laboratório comercial de análise clínica humana para quantificação das concentrações de uréia no soro, por meio de sistema enzimático-colorimétrico pelo método urease, utilizando-se *kits* comerciais (Labtest Diagnóstica

S.A.). A concentração de N-uréico no soro (NUS) foi obtida por meio do produto da concentração da uréia, multiplicada por 0,466 correspondente ao teor de N na uréia.

O nitrogênio total urinário foi determinado pelo método Kjeldahl.

A creatinina foi quantificada na urina, sem diluição, pelo sistema colorimétrico através da reação de Jaffé, utilizando-se picrato e acidificante (*kits* comerciais Labtest Diagnóstica S.A.).

Nas amostras de urina diluída foram realizadas as análises dos derivados de purinas (alantoína e ácido úrico). As análises de alantoína foram realizadas pelo método colorimétrico (Chen & Gomes, 1992). Já a análise de ácido úrico foi realizada por meio do método enzimático-Trinder, utilizando-se *kits* comerciais (Labtest Diagnóstica S.A.).

A excreção total de derivados de purina foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina, expressas em mmol/dia, obtidas pelo produto entre a concentração das mesmas na urina pelo volume urinário observado. As purinas absorvidas (Pabs, mmol/dia), foram calculadas a partir da excreção de derivados de purina (DP, mmol/dia) por intermédio da equação:

$$DP = 0,85 * Pabs + 0,385 * PV^{0,75}$$

em que 0,85 é a recuperação de purinas absorvidas como derivados urinários de purina e $0,385 * PV^{0,75}$, a excreção de purinas de origem endógena (Verbic et al. 1990).

A síntese ruminal de compostos nitrogenados (Nmic, g N/dia), foi calculada em função das purinas microbianas absorvidas (Pabs, mmol/dia), utilizando-se a equação:

$$Nmic = (70 * Pbas) / (0,83 * (N-purina : N-total) * 1000)$$

onde 70 é o conteúdo de N de purinas (mg N/mmol), a relação N purina : N total dos microrganismos ruminais obtidos no experimento e 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas (Chen & Gomes, 1992).

Para a quantificação da produção de proteína microbiana usando a digesta abomasal, foram utilizadas as bases purinas, cuja determinação seguiu a técnica descrita por Ushida et al. (1985). O fluxo de N microbiano na digesta abomasal foi calculado utilizando-se a relação N purina:N total, obtida no experimento. O método das bases purinas no abomaso foi comparado ao dos derivados de purina na urina para quantificação da produção microbiana no rúmen.

As coletas de líquido ruminal, visando a determinação do pH e das concentrações de N-NH₃, foram realizadas no 13^o dia de cada período, imediatamente antes do fornecimento da dieta e 2; 4; 6 horas após. Foram coletadas, por intermédio da fístula ruminal, aproximadamente 50 mL de líquido, procedendo-se à imediata determinação do pH em peagâmetro digital. Após a leitura do pH, foi adicionado, a cada amostra, 1 mL de solução de H₂SO₄ 1:1, que foi armazenado a -15°C, para posterior determinação das concentrações de N-NH₃. As concentrações de N-NH₃ nas amostras de líquido ruminal foram realizadas pelo método colorimétrico, conforme a técnica de Chaney & Marbach (1962).

Nesse mesmo dia também foram coletadas, seis horas após alimentação, amostras de digesta ruminal para o isolamento de bactérias. As amostras foram congeladas e posteriormente analisadas conforme técnica descrita por Cecava et al. (1990).

Foi realizado um ensaio de degradabilidade durante o período de adaptação do último período experimental. Utilizaram-se sacos de náilon medindo 10 x 20 cm, com porosidade de 50 micras, onde foram adicionados 5g de amostras de FS, FMNT e FMT secos em estufa de 65°C e moídos em peneiras de dois milímetros. Os tempos de incubação utilizados foram de 0, 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72 e 96 horas. Utilizou-se esquema de incubação seqüencial e remoção simultânea. As amostras foram incubadas em dois animais dos tratamentos de 100% FMNT e 100% de FMT, por intermédio de fístula

ruminal, fixados a uma corrente de aço com peso na extremidade, permitindo a imersão das amostras no conteúdo ruminal. Decorrido o tempo de incubação, os sacos foram lavados em água e levados à estufa a 65°C por 72 horas sendo posteriormente determinadas a MS e PB dos resíduos da incubação, conforme Silva & Queiroz (2002). Os parâmetros da dinâmica de degradação da MS e PB foram estimados utilizando o modelo de crescimento assintótico de primeira ordem reparametrizado por Ørskov & McDonald (1979) descrito pela função: $Y_t = a + b * (1 - e^{-kd*t})$; em que: Y_t = fração degradada no tempo “t” (%); a = fração solúvel (%); b = fração insolúvel potencialmente degradável (%); kd = taxa de degradação de b (h^{-1}); e t = variável independente tempo (h).

As degradações ruminais efetivas (DE) da MS e PB foram calculadas pelo modelo: $DE = a + b*[kd/(kd+kp)]$; em que “kp” é a taxa de passagem do alimento pelo rúmen (h^{-1}). A taxa de passagem (kp) foi calculada de acordo com o NRC (2001), utilizando-se a equação: Kp para os alimentos concentrados = $2,904 + 1,375X_1 - 0,020X_2$; em que “ X_1 ” é o consumo de MS (% do peso vivo) e “ X_2 ” é a porcentagem de concentrado na dieta (base de MS).

O experimento foi analisado segundo o delineamento em quadrado latino, sendo os dados submetidos à análise de variância e as comparações entre médias de tratamentos realizadas de acordo com os seguintes contrastes ortogonais: efeito linear, quadrático e cúbico para os níveis de substituição do FS pelo FMT; e efeito de tratamento alcalino (100% de substituição do FS pelo FMT versus 100% de substituição do FS pelo FMNT). As análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o procedimento PROC GLM SAS 9.0 (SAS, 2005). Adotou-se nível de 0,05 de probabilidade para o erro tipo I.

Os métodos (derivados de purina urinários e bases de purinas no abomaso) para estimar a síntese e eficiência de síntese da proteína microbiana foram avaliadas no esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas compostas pelos tratamentos e as subparcelas pelos métodos, utilizando o delineamento de quadrado latino 5x5. As avaliações das variáveis pH e concentração ruminal de amônia foram feitas segundo o delineamento em quadrado latino 5x5, no esquema de medidas repetidas no tempo (Kaps & Lamberson, 2004), sendo os resultados avaliados por intermédio do procedimento PROC MIXED SAS (SAS, 2005).

Resultados e Discussão

Na Tabela 4 encontram-se as estimativas dos parâmetros da dinâmica de degradação ruminal da MS e PB dos alimentos protéicos usados nas dietas experimentais. A fração potencialmente degradável da MS (MSpd) média dos farelos tratados ou não (41,02%) apresentou-se 33% menor que o valor obtido para o FS, o que refletiu em um decréscimo médio de 31,5% na degradabilidade efetiva para estes alimentos (Figura 1).

Quanto à fração efetivamente degradada da PB (DEPB), esta foi próxima para o FMNT e o FS (71,82 e 70,57 respectivamente). No entanto, a fração insolúvel potencialmente degradável da PB (PBpd) do FS foi 10,8% maior que a PBpd do FMNT, (73,76 e 66,57, respectivamente). A principal alteração sobre a cinética de degradação da PB ocorreu com o tratamento alcalino do FMT, com redução de 20,1% na DEPB. Apesar da PBpd do FMNT ter apresentado uma redução de 10,4%, quando comparado ao FMT, a taxa de degradação da fração insolúvel potencialmente degradável (kd) foi 152% maior, resultando em maior DE para o FMNT (Figura 2).

Foram descritos na literatura trabalhos que observaram reduções nas taxas de degradação ruminal de alimentos protéicos tratados com agentes alcalinos (Waltz & Loerch, 1986; Stern et al., 1994). O mecanismo pelo qual o tratamento alcalino reduz a degradação ruminal está relacionado com mudanças na estrutura das proteínas causadas pelo processo de desnaturação (NRC, 2001).

Tabela 4 - Parâmetros da dinâmica de degradação ruminal estimados para matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) dos alimentos protéicos utilizados, obtidos por meio de incubação *in situ*

Alimentos	Coeficientes ¹			DE ² (%)
Degradabilidade da MS				
	Fração a (%)	Fração b (%)	kd (h ⁻¹)	
Farelo de soja	38,04	61,32	0,0859	76,94
Farelo de mamona não tratado	30,83	40,37	0,0753	55,18
Farelo de mamona tratado	31,68	41,66	0,0420	50,80
Degradabilidade da PB				
	Fração a (%)	Fração b (%)	kd (h ⁻¹)	
Farelo de soja	26,24	73,76	0,0746	70,57
Farelo de mamona não tratado	28,42	66,57	0,0928	71,82
Farelo de mamona tratado	25,70	74,30	0,0368	57,37

¹Fração a = fração solúvel; fração b = fração insolúvel potencialmente degradável; Kd = taxa de degradação da fração b.

²DE = fração efetivamente degradada, adotando-se valor de taxa de passagem (Kp) 0,04954 h⁻¹ para os alimentos concentrados, segundo equações preditivas descritas pelo NRC (2001).

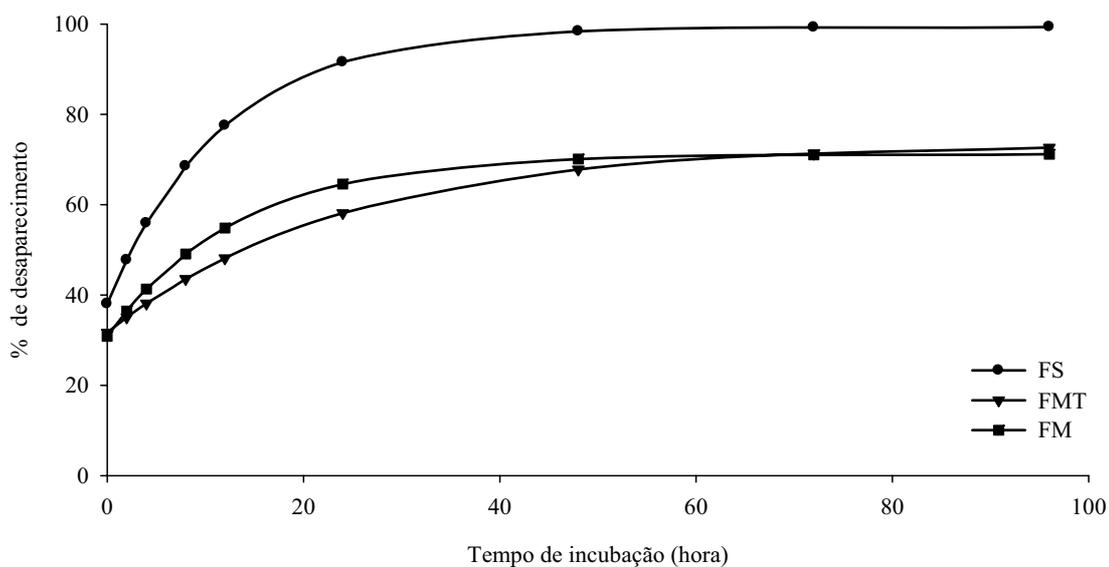


Figura 1 – Estimativa da degradabilidade da MS em função do tempo de incubação ruminal obtida para os farelos de soja (FS), de mamona tratado (FMT) e de mamona não tratado (FMNT).

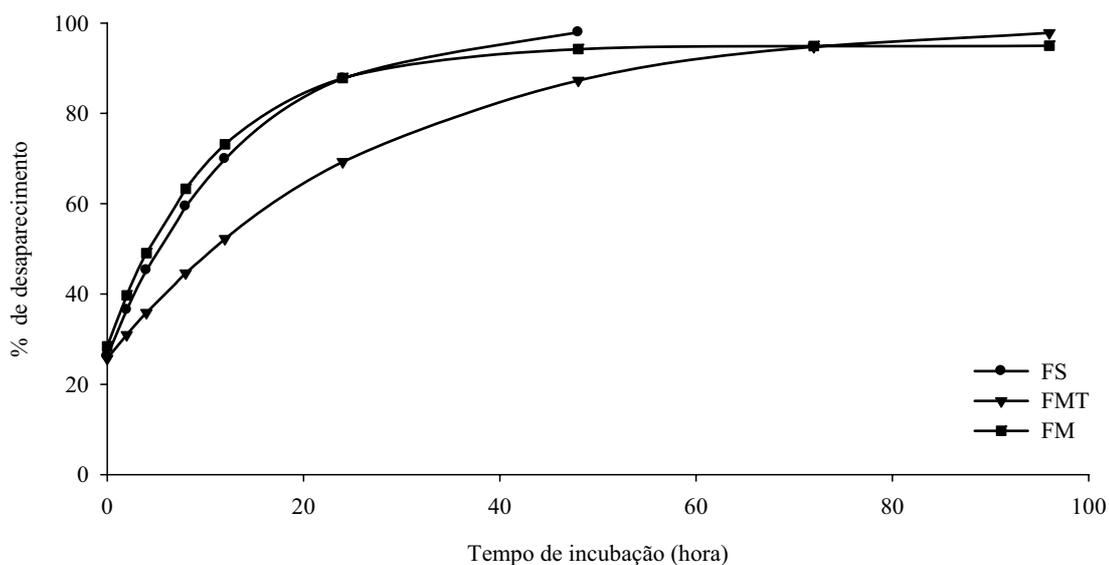


Figura 2 – Estimativa da degradabilidade da PB em função do tempo de incubação ruminal obtida para os farelos de soja (FS), de mamona tratado (FMT) e de mamona não tratado (FMNT).

As médias para o consumo dos constituintes das dietas e de ricina estão apresentadas na Tabela 5. Foi observada diferença ($P < 0,05$) apenas para o consumo de ricina (mg/dia e mg/kgPC) quando comparadas as dietas com 100%FMT e 100%FMNT. Este comportamento mostra a eficácia do tratamento alcalino, que foi em torno de 97%, como apresentado no capítulo 1. O consumo de ricina pelos animais alimentados com 100% de FMNT foi 865,40 mg/dia ou 2,72 mg/kgPC, não sendo observados sintomas clínicos de intoxicação.

Não houve efeito dos níveis da substituição do FS pelo FMT ($P > 0,05$) sobre o consumo de MS e dos constituintes da dieta. Segundo Oliveira (2008), apesar da maior fração indigestível da FDN do FMT, em média 66% da FDN, em relação ao FS, a rápida degradação da fração potencialmente degradável da FDN (FDN_{pd}) e o pequeno

tamanho de partícula da FDN indigestível facilitam os processos de desaparecimento ruminal da FDN do FMT, os quais podem explicar a ausência de efeito ($P>0,05$) sobre o consumo de MS e FDN, em relação ao farelo de soja.

Quando o consumo de FDN (CFDN) foi expresso em % PC, este também não diferiu quanto aos níveis de substituição do FS pelo FMT e pelo tratamento alcalino. Em virtude de o CFDN_{cp} ter sido menor que 1,2% PC, valor sugerido por Mertens (1992) como o consumo a partir do qual a ingestão de alimentos é controlada pelo efeito de enchimento no rúmen para vacas em lactação, pode-se inferir que o consumo de alimentos desse estudo, foi limitado pela demanda energética.

Tabela 5 - Consumo de constituintes em dietas de bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Itens ¹	Nível de substituição do FS pelo FMT				FMNT ³	Contraste (Valor- <i>P</i>) ⁴			Cal ⁵	CV ⁶ (%)
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²		Nível de FMT				
						L	Q	C		
kg/dia										
CMS	8,36	8,07	8,00	8,61	8,22	0,5049	0,0628	0,6414	0,2265	6,01
CMO	7,23	7,02	7,10	7,19	7,10	0,9810	0,4701	0,7674	0,7381	6,35
CEE	0,23	0,22	0,23	0,23	0,23	0,6466	0,7971	0,8181	0,7165	7,50
CPB	0,97	0,91	0,93	0,96	0,92	0,9426	0,1441	0,4979	0,2673	5,80
CFDN _{cp}	3,03	2,93	2,94	3,01	2,96	0,9088	0,4379	0,9276	0,7743	8,34
CCNF _{cp}	3,09	3,02	3,06	3,22	3,03	0,2868	0,1898	0,9833	0,1372	6,05
CNDT	5,20	5,27	5,30	5,67	5,32	0,0708	0,3774	0,6115	0,1552	6,70
% peso corporal										
CMS	2,22	2,16	2,16	2,32	2,16	0,3909	0,1701	0,7701	0,1592	7,65
CFDN _{cp}	0,79	0,80	0,81	0,80	0,81	0,7165	0,7351	0,8556	0,7738	8,05
Ricina										
mg/dia	0,00	9,72	19,21	30,80	865,40	0,5443	0,9800	0,9888	<0,0001	44,11
mg/kgPC	0,00	0,03	0,05	0,08	2,72	0,1397	0,9798	0,9910	<0,0001	17,79

¹CMS = consumo de matéria seca; CMO = consumo de matéria orgânica; CEE = consumo de extrato etéreo; CPB = consumo de proteína bruta; CFDN_{cp} = consumo de fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNF_{cp} = consumo de carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteína.

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C)

⁵100² versus FMNT³.

⁶CV = coeficiente de variação.

O consumo de MS (CMS) médio observado foi de $8,25 \pm 0,20$ kg/dia e $2,20 \pm 0,07\%$ do PC. Os valores estimados pelas equações sugeridas por Valadares Filho et al. (2006) para bovinos mestiços de aproximadamente 400 kg, foi de 7,57 kg/dia e 1,89%PC. O maior consumo encontrado neste trabalho pode ser justificável pela predominância de grau de sangue holandês dos animais. Pode-se observar também, um valor médio para o CNDT de $5,35 \pm 0,15$ kg/dia, sendo que Valadares Filho et al. (2006) sugere um CNDT de 5,20 kg/dia para animais de 400kg com taxa de ganho de peso de 1,00 kg/dia.

As médias para a digestibilidade aparente total (DT) da MS, MO, EE, PB, FDNcp, CNFcp e teores dietéticos de NDT, ED e EM são apresentadas na Tabela 6. Observa-se que apenas a DT da MS (DTMS) foi reduzido ($P < 0,05$) pelo tratamento alcalino do farelo de mamona.

Considerando que a digestibilidade efetiva do alimento é determinada pelas características intrínsecas do mesmo e pela capacidade de atuação dos sistemas enzimáticos microbiano e animal (Detmann et al., 2008), a diferença observada pode estar relacionada com alterações nestes dois fatores, dependendo do nutriente específico. Sendo assim, como demonstrado no ensaio *in situ*, a redução na degradabilidade ruminal da MS ao tratar o FM com cal, pode justificar este decréscimo na DTMS do FMT.

Outro fato observado foi a similaridade ($P > 0,05$) entre a DTPB das dietas com FMNT (62,52%) e FMT (62,71%). Já que o ensaio *in situ* demonstrou reduções na degradabilidade ruminal da PB ao tratar o FM com cal justificava-se menor DTPB para o FMT.

Tabela 6 –Digestibilidade aparente total (DT) e teores de nutrientes digestíveis totais (NDT), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) para bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Itens ¹	Nível de substituição do FS pelo FMT				FMNT ³	Contraste (Valor- <i>P</i>) ⁴			Cal ⁵	CV ⁶ (%)
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²		Nível de FMT				
						L	Q	C		
% do consumo										
DTMS	70,32	71,54	70,95	70,77	72,72	0,8012	0,2999	0,4421	0,0457	1,92
DTMO	70,04	71,16	71,22	70,85	72,12	0,4349	0,2841	0,8239	0,1815	1,97
DTEE	71,57	76,84	72,97	77,34	70,62	0,3932	0,8923	0,2410	0,1537	9,41
DTPB	62,21	61,77	61,91	62,71	62,52	0,8378	0,7147	0,9914	0,9360	5,67
DTFDNcp	55,73	56,56	54,75	54,47	57,85	0,4882	0,7476	0,5749	0,1637	6,38
DTCNFcp	86,82	88,07	90,31	89,30	89,31	0,1171	0,3753	0,4370	0,9924	2,93
NDT	64,60	65,29	66,36	66,04	65,17	0,0851	0,4284	0,5203	0,3149	1,98
Mcal/kg de MS										
ED	3,04	3,04	3,03	3,03	3,09	0,3777	0,3789	0,6335	0,1536	2,03
EM	2,62	2,62	2,61	2,61	2,67	0,3777	0,3789	0,6335	0,1536	2,36

¹DTMS = DT da matéria seca; DTMO = DT da matéria orgânica; DTEE = DT do extrato etéreo; DTPB = DT da proteína bruta; DTFDNcp = DT da fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; DTCNFcp = D do carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteína; NDT = nutrientes digestíveis totais; ED = energia digestível; EM = energia metabolizável.

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C)

⁵100² versus FMNT³.

⁶CV = coeficiente de variação.

O valor médio da DTFDNcp foi de 55,87%, não sendo observada diferença ($P>0,05$) entre os níveis de substituição do FS pelo FMT. Apesar da menor estimativa de extensão da degradação ruminal da FDN *in situ* do FMT em relação ao FS, observado por Oliveira (2008), o alto valor da taxa de degradação ruminal da FDNpd pode explicar a ausência de efeito entre os farelos de mamona e de soja.

Os valores médios obtidos para os DTMO, DTEE, DTCNFcp e teor NDT foram de 71,08, 73,87, 88,76% e 65,49%, respectivamente. Valores próximos para DTMO, DTCNFcp e NDT foram encontrados por Oliveira (2008), cujas médias foram de 70,39, 89,33 e 71,18%, respectivamente.

Os valores de ED e EM não foram influenciados ($P>0,05$) pelo nível de substituição do FS pelo FMT e pelo tratamento alcalino do FMNT, apresentando em média 3,05 e 2,63 Mcal/kg, respectivamente, o que pode ser explicado pela ausência de efeito ($P>0,05$) dos mesmos sobre as digestibilidades dos constituintes dietéticos.

Na Tabela 7 são apresentadas as médias para as digestibilidades aparente ruminal (DR) e intestinal (DI) da MS, MO, EE, PB, FDNcp, CNFcp das dietas. Não houve efeito ($P>0,05$) da inclusão de FMT nas dietas sobre as digestões ruminais e intestinais dos constituintes da dieta. Com exceção da digestibilidade aparente ruminal da PB (DRPB), não houve efeito da cal ($P>0,05$) na digestibilidade das demais variáveis analisadas.

Observou-se um incremento de 24,2% ($P<0,05$) da DRPB para o FMNT em relação ao FMT. Isto se explica pela menor taxa de degradação ruminal da PB do FMT e da conseqüente menor degradação efetiva da PB do mesmo. Diferentemente do observado, valores de digestão ruminal do EE (DREE) negativos são sempre esperados, considerando que no rúmen ocorre síntese de lipídios microbianos. Porém, Carvalho et al. (1997) e Ítavo (2002) encontrando valores positivos para a DREE, comentaram que esse valor indica que não houve síntese aparente de lipídios microbianos.

Os valores médios observados para as DRMS, DRMO, DRFDNcp e DRCNFcp foram de 68,69, 71,28, 90,58 e 70,50%, respectivamente. Paixão (2007), trabalhando com novilhos de peso médio de 445 kg alimentados com dietas contendo farelo de soja, encontrou valores próximos para as DRMS, DRMO, DRFDNcp e DRCNFcp de 67,35, 74,72, 86,31 e 73,43%, respectivamente.

Tabela 7 – Coeficientes de digestibilidade ruminal (DR) e intestinal (DI) para bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Itens ¹	Nível de substituição do FS pelo FMT				FMNT ³	Contraste (Valor- <i>P</i>) ⁴			Cal ⁵	CV ⁸ (%)
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²		Nível de FMT				
						L	Q	C		
Digestibilidade ruminal										
MS ⁶	71,80	66,46	67,83	68,88	68,50	0,7978	0,2047	0,7148	0,8668	8,96
MO ⁶	74,81	67,78	70,19	71,03	72,59	0,8357	0,2019	0,7279	0,7679	9,73
EE ⁷	26,06	30,28	34,85	31,82	40,05	0,0543	0,3027	0,4449	0,1342	15,90
PB ⁷	15,26	16,42	14,40	19,92	26,27	0,1075	0,1476	0,1748	0,0036	12,42
FDNcp ⁶	91,14	91,77	89,46	90,41	90,14	0,4023	0,8155	0,2933	0,8944	2,32
CNFcp ⁶	77,93	63,87	71,31	69,91	69,48	0,8195	0,2764	0,4987	0,9208	19,54
Digestibilidade intestinal										
MS ⁶	28,20	33,54	32,18	31,12	31,50	0,7978	0,2047	0,7148	0,8668	19,66
MO ⁶	25,19	32,23	29,82	28,98	27,41	0,8357	0,2019	0,7279	0,7679	24,14
EE ⁷	62,05	68,62	56,79	66,19	44,52	0,8768	0,6984	0,2390	0,0466	18,99
PB ⁷	51,13	52,72	56,86	53,45	52,66	0,1857	0,3242	0,4796	0,3304	10,01
FDNcp ⁶	8,86	8,24	10,54	9,59	9,87	0,4023	0,8155	0,2933	0,8944	22,31
CNFcp ⁶	22,07	30,14	28,69	30,09	30,52	0,8195	0,2764	0,4987	0,9208	46,69

¹MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína; CNFcp = carboidratos não-fibrosos corrigido para cinzas e proteína.

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de Cal/Kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C)

⁵100² versus FMNT³.

⁶Expresso em % do total digerido.

⁷Expresso em % da quantidade que chegou a cada local.

⁸CV = coeficiente de variação.

As digestões intestinais dos componentes da dieta não foram afetadas ($P>0,05$) pela substituição do FS pelo FMT. Contudo, o uso de cal no FMNT aumentou ($P<0,05$) a digestão intestinal do EE. É possível que a maior ($P<0,05$) digestibilidade intestinal do EE (DIEE) da dieta com 100% de FMT em relação à dieta com FMNT esteja relacionado à formação de sabões de cálcio no rúmen devido à grande proporção de ácidos graxos (AG) poliinsaturados na mamona. Determinados AG, especialmente os poliinsaturados, são tóxicos aos microrganismos ruminais. Através da biohidrogenação, estes microrganismos convertem os ácidos graxos insaturados (AGI) em ácidos

saturados (AGS), que são conseqüentemente menos tóxicos. Porém, este mecanismo é reduzido à metade quando ocorre a formação de sabões de cálcio.

Sendo assim, quando estes sabões chegam ao intestino, devido ao baixo pH abomasal e duodenal (3-5), os mesmos são dissociados e os AGI são liberados para serem absorvidos. Quando não ocorre a formação de sabões de cálcio, a biohidrogenação é mais efetiva, sendo maior a conversão de AGI em AGS que serão adsorvidos às partículas dos alimentos, dificultando a solubilização e formação de micelas no intestino, implicando em uma menor digestibilidade dos AGS quando comparados aos AGI. Isto talvez possa explicar a menor digestibilidade intestinal do EE nas dietas com FMNT.

Os baixos valores para a digestibilidade intestinal da FDN (DIFDN) são coerentes, considerando que o local de maior digestão deste constituinte é o rúmen.

Estão apresentadas nas Figuras 3 e 4 as análises eletroforéticas das amostras de conteúdo abomasal de quatro animais submetidos às cinco dietas. Não foi observada a presença das duas subunidades de ricina (A e B com, aproximadamente, 35 KDa e 29 KDa, respectivamente) do conteúdo abomasal dos animais alimentados com 100% de FMNT.

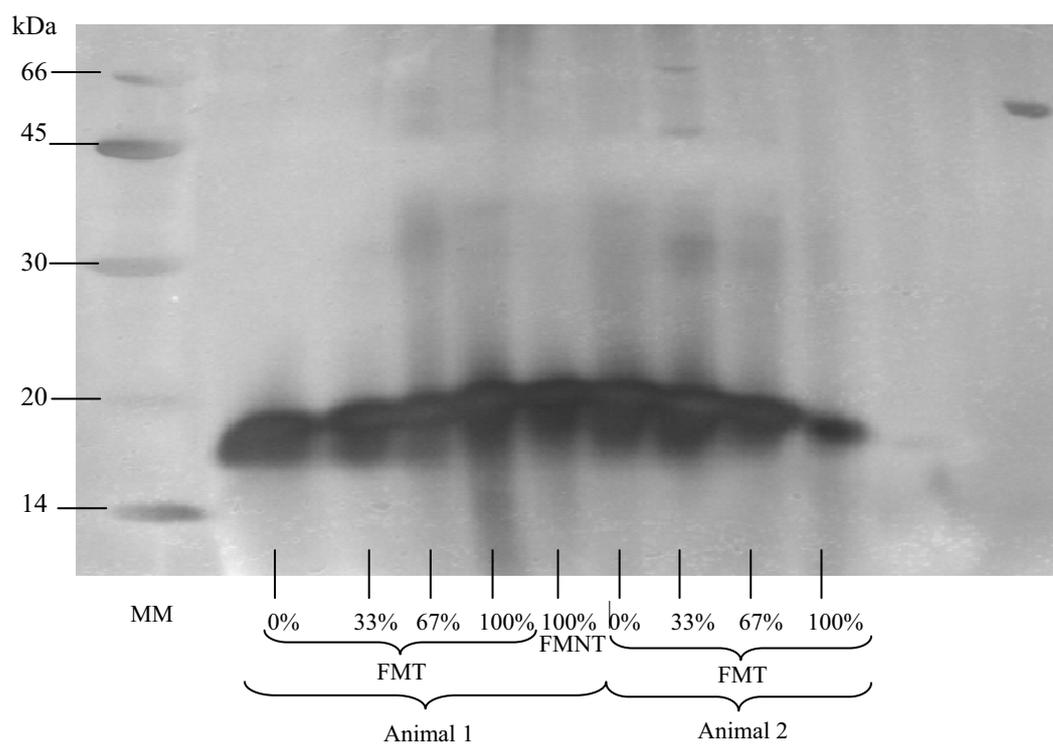


Figura 3 – Gel SDS-PAGE do extrato bruto solúvel em Tampão Tris pH 3,8 de amostras de conteúdo abomasal de bovinos alimentados com farelo de mamona tratado ou não com 6% de cal. MM = marcador de massa molecular (14 a 97 KDa).

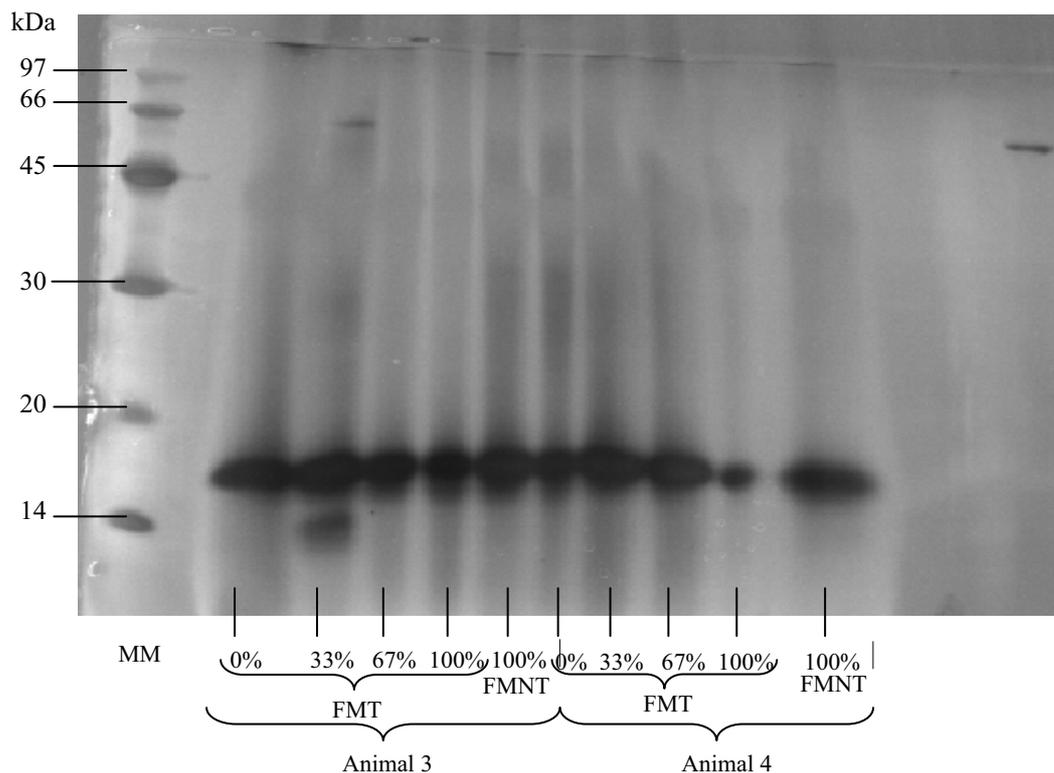


Figura 4 – Gel SDS-PAGE do extrato bruto solúvel em Tampão Tris pH 3,8 de amostras de conteúdo abomasal de bovinos alimentados com farelo de mamona tratado ou não com 6% de cal. MM = marcador de massa molecular (14 a 97 KDa).

Oliveira (2008), através de um ensaio de degradação ruminal *in vitro* de três doses de proteína solúvel em pH 3,8 de farelo de mamona em função do tempo de incubação, observou redução de visualizações das subunidades de ricina nos géis e de picos de unidade de densidade relativa referente à ricina com o tempo de incubação, sendo este resultado considerado reflexo da atividade proteolítica microbiana ruminal sobre a toxina. Desta forma, a degradação da ricina por proteases microbianas e o baixo nível de inclusão de FMNT às dietas apresentam-se como fatores responsáveis pela ausência de efeitos clínicos de intoxicação nos animais.

O efeito da inclusão do farelo de mamona nas dietas e dos tempos de coleta (0, 2, 4 e 6 horas) sobre o pH e N-NH₃ ruminal, bem como, a interação entre os tratamentos podem ser observada na Tabela 8.

Tabela 8 – Efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona tratado (FMT) ou não (FMNT) e dos tempos de coleta (0, 2, 4, 6 horas) sobre o pH e nitrogênio amoniacal (N-NH₃, mg/dL) em bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Item	Nível de substituição do FS pelo FMT			Contraste (Valor P) ⁴			Tempo	Tempo x Trat ⁶					
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²	FMNT ³	Nível de FMT			Cal ⁵				
				L	Q	C							
pH	6,37	6,43	6,59	6,59	6,59	6,59	<0,0001	0,9679					
N-NH ₃	13,3	15,9	17,1	18,3	20,0	20,0	<0,0001	0,0027					
Item ¹	Nível de substituição do FS pelo FM						Contraste (Valor P) ⁴						
	Tempo (horas)						Nível de FMT						
	0	2	4	6	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²	FMNT ³	L	Q	C	Cal
N-NH ₃ /Trat ₁	11,0	21,8	15,3	5,0	-	-	-	-	-	0,0098	<0,0001	0,0286	-
N-NH ₃ /Trat ₂	12,4	28,1	17,8	5,5	-	-	-	-	-	0,0014	<0,0001	0,0002	-
N-NH ₃ /Tra ₃	11,7	30,3	20,4	6,1	-	-	-	-	-	0,0052	<0,0001	0,0002	-
N-NH ₃ /Trat ₄	12,9	34,8	20,2	5,4	-	-	-	-	-	0,0002	<0,0001	<0,0001	-
N-NH ₃ /T ₀	-	-	-	-	11,0	12,4	11,7	12,9	12,5	0,7204	0,9789	0,7842	0,9337
N-NH ₃ /T ₂	-	-	-	-	21,8	28,1	30,3	34,8	36,5	<0,0001	0,6893	0,5204	0,5826
N-NH ₃ /T ₄	-	-	-	-	15,3	17,8	20,4	20,2	23,4	0,1579	0,6215	0,8040	0,4069
N-NH ₃ /T ₆	-	-	-	-	5,0	5,5	6,1	5,4	7,6	0,7374	0,6228	0,8024	0,2089
pH	6,89	6,62	6,33	6,23	-	-	-	-	-	<0,0001	0,0087	0,0529	-

¹N-NH₃/Trat₁ = efeito dos tempos de amostragem dentro do tratamento de 0% de FMT; N-NH₃/Tra₂ = efeito dos tempos de amostragem dentro do tratamento de 33% de FMT, N-NH₃/Trat₃ = efeito dos tempos de amostragem dentro do tratamento de 67% de FMT; N-NH₃/Trat₄ = efeito dos tempos de amostragem dentro do tratamento de 100% de FMT; N-NH₃/Trat₅ = efeito dos tempos de amostragem dentro do tratamento de 100% de FMNT; N-NH₃/T₀ = efeito dos tratamentos dentro do tempo 0 de amostragem; N-NH₃/T₂ = efeito dos tratamentos dentro do tempo 2 de amostragem; N-NH₃/T₄ = efeito dos tratamentos dentro do tempo 4 de amostragem; N-NH₃/T₆ = efeito dos tratamentos dentro do tempo 6 de amostragem. ²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado; ⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C).

⁵100² versus FMNT³

⁶Efeito de interação tempo *versus* tratamento.

Não houve efeito de interação ($P>0,05$) entre tempo e tratamento para pH ruminal. O valor de pH apresentou comportamento quadrático ($P<0,05$) em função do tempo após alimentação, sendo estimado valor mínimo de 6,23, às 5,8 horas após o fornecimento da alimentação.

Os microrganismos necessitam de pH em faixa ideal para seu desenvolvimento. A faixa ideal de pH para o crescimento dos microrganismos celulolíticos é de 6,2 a 7,2 e, segundo Van Soest (1994), a digestão ruminal da fibra sofre redução em valores de pH abaixo de 6, sendo a faixa de 6,2 a 7,0 o ideal para a digestão da mesma. Observa-se que os valores de pH ruminal obtidos nesse experimento situaram-se na faixa de 6,23 a 6,89, portanto adequados para a digestão da fibra.

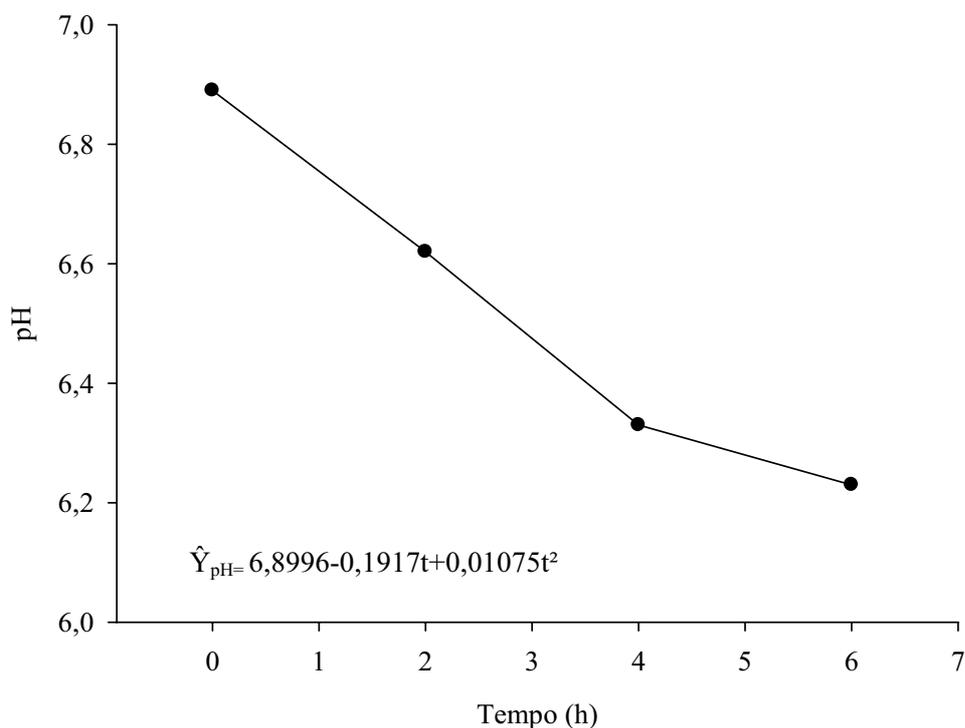


Figura 5 – Comportamento do pH ruminal em função do tempo de amostragem após alimentação.

Foram observadas interações significativas ($P<0,05$) entre tratamentos e tempos de coleta das amostras, sendo as concentrações de N-NH₃ influenciadas ($P<0,05$) pelos tratamentos e tempo de coleta das amostras ($P<0,05$).

O comportamento da concentração de N-NH₃ devido ao efeito dos tempos de coleta das amostras dentro de cada tratamento foi cúbico ($P<0,05$) (Figura 6). Os picos nas concentrações de NH₃ foram obtidos 2 horas após a alimentação em todas as dietas. O valor máximo estimado para a concentração de N-NH₃ foi de 36,5 mg/dL, obtido 1,98 horas após a alimentação para o FMNT.

Os valores de N-NH₃ devido ao efeito de tratamento dentro dos tempos 0, 4, e 6 horas não foram significativos ($P>0,05$), porém o comportamento das concentrações de N-NH₃ para o tempo de 2 horas apresentou aumento linear ($P<0,05$) com a elevação dos níveis de FMT nas dietas.

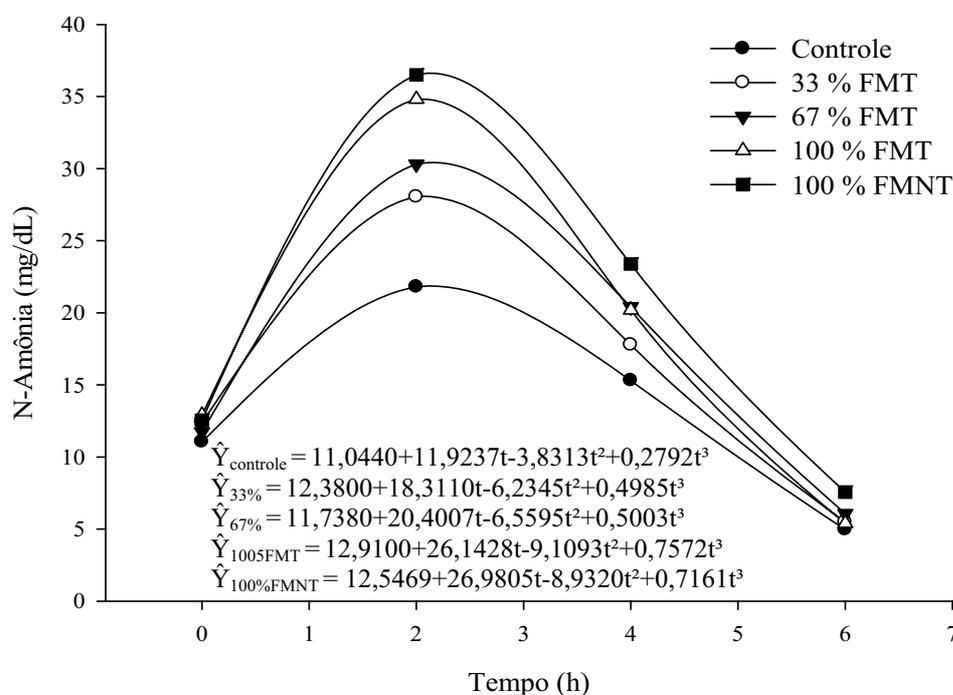


Figura 6 - Comportamento da concentração de N-NH₃ em função do tempo de coleta das amostras para cada tratamento.

Uma possível explicação para a ampliação ($P<0,05$) da concentração de N amoniacal com a substituição do FS pelo FMT, é a presença de um maior teor de NNP nas dietas contendo farelo de mamona (Tabela 3), possivelmente devido à maior inclusão de uréia utilizada para ajustar o teor de PB das dietas em razão das diferenças no teor de proteína bruta dos alimentos protéicos (Tabela 1). As concentrações de N-NH₃ neste trabalho variaram de 5 a 36,5 mg/dL nos intervalos de 0 e 6 horas após a alimentação, sendo que os valores máximos foram alcançados aproximadamente 2 horas após o fornecimento da dieta. As concentrações de N-NH₃ foram suficientes para suportar o crescimento bacteriano, conforme o valor mínimo citado por Satter & Sliter (1974) de 5 mg/dL.

No rúmen, a uréia sofre ação da enzima urease, secretada por bactérias aderidas à parede ruminal, resultando na produção de amônia. A concentração de N-NH₃ é consequência do equilíbrio entre sua produção, absorção e utilização pelos microrganismos.

Segundo Mehrez et al. (1977), a máxima atividade fermentativa ruminal é obtida quando o N amoniacal alcança valores entre 19 e 23 mg/dL de líquido ruminal, sendo observados neste trabalho valores acima desta faixa. Porém, encontram-se na literatura valores divergentes aos destes autores como ótimos para a maximização do consumo voluntário, sendo citados valores de 9,64 mg/dL (Sampaio, 2007) e 15,33 mg/dL (Lazzarini, 2007). Estas aparentes contradições na interpretação dos níveis amoniacaais ótimos para a degradação ruminal dos alimentos parecem ser reflexos diretos das variações na exigências microbianas em função do substrato basal, do pH ruminal e das interações que ocorrem entre espécies microbianas e substrato degradado constituindo empecilhos à aplicação universal de tais referencias (Sampaio, 2007).

Estão apresentadas na Tabela 9 as médias para as excreções urinárias de alantoína, ácido úrico e derivados de purinas totais, relação alantoína:derivados de purinas totais, purinas microbianas absorvidas, compostos nitrogenados microbianos, eficiência microbiana e excreção de creatinina, em função dos níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona. Não foi observada diferença ($P>0,05$) para nenhuma das variáveis analisadas, o que coincide com o comportamento verificado para os consumos de MS e NDT (Tabela 5).

Pode-se dizer que a similaridade no consumo observado foi equivalente à quantidade de nutrientes disponíveis à fermentação ruminal, não influenciando o crescimento microbiano. As excreções de alantoína e de derivados de purinas não foram afetadas ($P>0,05$) pelos níveis de inclusão de FMT. Esse comportamento foi semelhante ao apresentado para as purinas microbianas absorvidas e para os compostos nitrogenados microbianos. Isto está de acordo com Vagnoni et al. (1997), os quais afirmaram que o método de excreção dos derivados de purinas na urina pode ser usado para estimar o fluxo de compostos nitrogenados microbianos. Além disso, a excreção de alantoína reflete a excreção de derivados de purinas totais, já que é encontrada em maior proporção, em torno de 85% dos derivados de purinas (Verbic et al., 1990). No presente trabalho, a proporção de alantoína em relação às purinas totais foi de 94,05%, Leal et al. (2007) e Rennó et al. (2002) relataram em novilhos, o valor médio de 92,2 e 91,7%, respectivamente, o que corrobora com os dados obtidos neste experimento.

Observa-se que não foi verificada diferença significativa ($P>0,05$) para síntese de Nmic e eficiência de utilização dos substratos energéticos e nitrogenados pelos microrganismos ruminais quando comparadas as dietas contendo FMNT e FMT. Estes resultados são divergentes aos encontrados por Oliveira (2008) que comenta que o tratamento do FMNT com cal influenciou em uma maior disponibilidade de nutrientes

essenciais e maior eficiência de utilização dos nutrientes disponíveis pela microbiota ruminal. A eficiência de síntese microbiana apresentou valor médio de 109,7 g PBmic/kg NDT consumido, que é pouco inferior a média de 120 g PBmic/kg NDT descrita por Valadares Filho et al. (2006).

Tabela 9 - Excreção urinária de derivados de purinas, síntese e eficiência de síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen para bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona (n = 25)

Itens ¹	Nível de substituição do FS pelo FMT				FMNT ³	Contraste (Valor-P) ⁴			Cal ⁵	CV ⁶ (%)
	FMT					Nível de FMT				
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²		L	Q	C		
ALA	144,17	155,92	156,02	144,36	143,75	0,9845	0,1431	0,9969	0,9552	11,22
AcU	8,99	9,03	8,38	8,67	8,79	0,5374	0,8251	0,5304	0,8816	14,22
DP	153,98	164,94	164,41	153,03	153,83	0,9188	0,1489	0,9838	0,9396	10,25
ALA:DP	93,17	94,39	94,81	94,41	93,46	0,2241	0,2843	0,9918	0,9038	1,71
Pabs	143,29	156,00	155,50	142,04	142,21	0,9135	0,1542	0,9955	0,9884	13,02
N-RNA:N	0,136	0,138	0,139	0,138	0,141	0,7497	0,7971	0,9490	0,6871	6,33
N mic	92,62	92,00	93,75	93,47	94,14	0,8605	0,9760	0,8569	0,9305	12,84
PB mic	586,37	585,00	585,97	587,65	588,38	0,9755	0,9653	0,9917	0,9882	13,06
Efic	108,20	109,72	111,00	109,17	110,45	0,8768	0,7828	0,9176	0,8810	12,04
Creat	26,16	26,84	25,28	26,10	26,32	0,4538	0,8915	0,0622	0,7622	4,30

¹ALA = alantoína (mmol/dia); AcU = ácido úrico (mmol/dia); DP = derivados de purinas totais excretadas na urina (mmol/dia); ALA:DP = relação entre ALA:DP (%); Pabs = purinas microbianas absorvidas (mmol/dia); N-RNA:N = relação nitrogênio do ácido ribonucléico e nitrogênio total das bactérias isoladas no rúmen; Nmic = compostos nitrogenados microbianos no rúmen (g/dia); PBmic = proteína bruta microbiana ruminal (g/dia); Efic = eficiência microbiana (g PBmic/kgNDT consumido); Creat = excreção de creatinina (mg/kg de peso corporal)

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C).

⁵100² versus FMNT³.

⁶CV = coeficiente de variação.

A excreção de creatinina não variou com a inclusão de farelo de mamona nas dietas, apresentando média de 26,14 ± 0,46 mg/kgPC. Pode-se encontrar na literatura valores médios de excreção de creatinina próximos ao encontrado neste trabalho. A excreção média de creatinina encontrada por Rennó et al. (2000), em quatro experimentos, com novilhos com peso médio de 283 kg, foi de 27,36 mg/kgPC. Em

outro estudo, conduzido por Leal et al. (2007) com novilhos de peso médio de 445 kg verificaram a excreção média de creatinina de 25,47 mg/kgPC. Chizzotti (2004), trabalhando com novilhas holandesas, desenvolveu uma equação para estimar a excreção diária de creatinina (EC) em função do peso corporal, em que $EC \text{ (mg/kgPC)} = 32,27 - 0,01093PC$. Utilizando essa equação, o valor de creatinina estimado médio para este experimento seria de 28,23 mg/kgPC, 8% maior que o observado.

Os diferentes valores observados na literatura devem estar associados às variações na proporção de tecidos de animais em crescimento, já que a creatinina é oriunda do metabolismo energético do tecido muscular e excretado proporcionalmente à quantidade deste tecido no animal. Desta forma, em animais em crescimento, a porcentagem de tecido muscular varia de acordo com o peso animal, conseqüentemente, a excreção de creatinina em mg/kg de peso corporal pode ser alterada. Animais adultos possuem menor variação na composição corporal e, portanto a excreção de creatinina em função do peso vivo torna-se menos variável.

Na Tabela 10 estão apresentadas as médias da proteína microbiana e eficiência de síntese microbiana, estimadas através do método das bases purinas no abomaso ou pelos derivados urinários de purinas. A relação N-RNA:N-total dos microrganismos não foi afetada ($P>0,05$) pelos níveis de FMT ou pelo tratamento alcalino do FMNT apresentando média de 0,138. Não foram detectadas diferenças ($P>0,05$) entre os dois métodos usados para estimar a síntese e a eficiência de síntese de PBmic. Utilizando 116 observações em 24 bovinos não-castrados fistulados no rúmen, abomaso e íleo, em cinco experimentos, Rennó et al. (2000) verificaram que a produção de proteína microbiana obtida pelos derivados de purina na urina ou pelas bases purinas no abomaso não diferiu, e concluíram que o método de excreção urinária de derivados de purina pode ser utilizado para estimar a produção de proteína bruta microbiana.

Tabela 10 – Proteína bruta microbiana (PBmic), em g/dia, e eficiência de síntese microbiana (Efic), em g de PBmic/kgNDT consumido, obtidas pelas bases purinas abomasais ou pelos derivados urinários de purinas (n = 40)

Item ¹	Nível de substituição do FS pelo FMT			FMNT ³	Valor P	Indicadores			Valor P	Trat x Indicador ⁴	CV (%)
	0% ²	33% ²	67% ²			100% ²	Derivados de Purina Urinários	Bases Purinas no Abomaso			
PBmic	587,43	576,65	568,66	553,86	585,39	0,9546	582,76	566,04	0,3600	0,7005	18,35
Efic	113,56	110,02	108,28	111,15	112,28	0,9780	113,08	109,03	0,2240	0,9176	15,05

¹PBmic = Proteína bruta microbiana; Efic = eficiência de síntese microbiana.

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Efeito de interação tratamento versus indicador.

As concentrações de N-uréico no soro (NUS), excreções urinárias de N-uréico (ENU) e excreções de N-total na urina (ENT) em bovinos alimentados com farelo de mamona estão apresentadas na Tabela 11. A excreção de N-uréico na urina em função do peso do animal, comportou-se de maneira similar à concentração de NUS, confirmando a afirmação de Harmeyer & Martens (1980) de que a quantidade de uréia excretada na urina é diretamente proporcional à sua concentração no soro. Embora não tenham sido significativamente diferentes ($P>0,05$), as concentrações de NUS foram numericamente superiores nas dietas com maiores níveis de FMT, concordando com a maior concentração de N-NH₃ (Tabela 8), possivelmente por causa do maior consumo de uréia. Não houve efeito do tratamento alcalino ($P>0,05$) sobre as concentrações de NUS, as excreções urinárias de N-uréico e nitrogênio total.

O valor médio encontrado para NUS foi de 13,16 mg/dL. Valores aproximados, de 14,04 mg/dL (Chizzotti, 2004) e de 13,52 a 15,50 mg/dL (Valadares et al., 1997), podem ser encontrados na literatura. Já o valor médio para ENU foi de 163,80 mg/kgPC, sendo encontrados na literatura valores médios de 135,39 mg/kgPC (Oliveira, 2008) para animais alimentados com farelo de mamona.

Tabela 11 – Concentrações de N-uréico no soro (NUS), excreções urinárias de N-uréico (ENU) e excreções de N-total na urina (ENT) para bovinos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona

Itens ¹	Nível de substituição do FS pelo				FMNT ³	Contraste (Valor- <i>P</i>) ⁴			Cal ⁵	CV ⁶ (%)
	FMT					Nível de FMT				
	0% ²	33% ²	67% ²	100% ²		L	Q	C		
NUS (mg/dL)	11,57	12,60	13,77	13,85	14,03	0,0686	0,6057	0,7618	0,8904	15,19
ENU (mg/kgPC)	158,06	160,78	163,24	167,98	168,93	0,5019	0,9247	0,9572	0,9492	14,21
ENU (g/dia)	57,04	58,87	60,53	64,09	64,93	0,2563	0,8438	0,9156	0,8927	15,67
ENT (g/dia)	72,38	66,26	62,00	69,20	68,19	0,5727	0,2342	0,6939	0,8955	17,61

¹NUS = N-uréico no soro; ENU = excreção urinária de N-uréico; ENT = excreções de N-total na urina

²Níveis de substituições referentes aos tratamentos com farelo de mamona tratado com 60g de cal/kg.

³100% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona não tratado.

⁴Contrastes linear (L), quadrático (Q) e cúbico (C);

⁵100² versus FMNT³.

⁶CV = coeficiente de variação.

Conclusões

A substituição total do farelo de soja por farelo de mamona tratado com cal (60 g/kgMN) não alterou as variáveis digestivas e fisiológicas avaliadas nesse estudo. Portanto, conclui-se que o mesmo pode substituir parcial ou totalmente o farelo de soja.

O farelo de mamona não tratado apresentou resultados satisfatórios para o consumo diário de ricina de 2,72g/kgPC, contudo considerando o perigo da presença dessa toxina, cautela deve ser tomada em sua utilização, pois os resultados podem ser influenciados pelas quantidades de ricina presentes nos diferentes tipos de farelo.

Literatura Citada

- BARBOSA, A.M. **Período de coleta de urina e de fezes para avaliação da excreção de creatinina, produção microbiana e digestibilidade aparente dos nutrientes em Nelore.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 63p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.
- BLUM, H.; BEIER, H.; GROSS, H. Improved silver staining of plant proteins, RNA and DNA in polyacrylamide gels. **Electrophoresis**, v.8, p. 93-99, 1987.
- CARVALHO, A.U., VALADARES FILHO, S.C., COELHO DA SILVA, J.F et al. 1997. Níveis de concentrado em dietas de zebuínos. 1. Consumo e digestibilidade aparente. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 26(5):986-995.
- CECAVA, M. J., MERCHEN, N. R., GAY, L. C. et al. Composition of ruminal bacteria harvested from steers as influenced by dietary energy level, feeding frequency and isolation techniques. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.2480-2488, 1990.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, p.130-132, 1962.
- CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. **INTERNATIONAL FEED RESEARCH UNIT.** Rowett Research Institute. Aberdeen, UK. (Occasional publication). 1992. 21p.
- CHIZZOTTI, M. L. **Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 132p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2004.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes.** Piracicaba: Livrocetes, 1979. 380p.
- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Avaliação nutricional de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: VI Simpósio Internacional de Gado de Corte. **Anais...** Eds.: VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; PAULINO, P.V.R. et al. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, p.21-52, 2008.
- HALL, M.B. **Calculation of non-structural carbohydrate content of feeds that contain non-protein nitrogen.** University of Florida, 2000. P.A-25 (Bulletin 339, April-2000).
- HARMEYER, J.; MARTENS, H. Aspects of urea metabolism with reference to the goat. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1707-1728, 1980.

- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Consumo e digestibilidades aparentes totais e parciais de nutrientes em novilhos alimentados com dietas contendo vários níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1543-1552, 2002.
- KAPS, A.; LAMBERSON, W. **Biostatistics for animal science**. CABI publishing. Cambridge. MA. USA. 2004. 445p.
- LAEMMLI, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of head of bacteriophage T4. **Nature**, v.227, p.680-685, 1970.
- LAZZARINI, I. **Consumo, digestibilidade e dinâmica de trânsito e degradação da fibra em detergente neutro em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade e compostos nitrogenados**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 62p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- LEAL, T.L.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Variações diárias nas excreções de creatinina e derivados de purinas em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.896-904, 2007.
- LEÃO, M.I.; COELHO DA SILVA, J.F. Técnicas de fistulação de abomaso em bezerras: In: Congresso Brasileiro de Zootecnia, 1. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 17, 1980. Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1980. 37p.
- 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, n.4, p.347-358, 1996.
- MEHRES, A.Z.; ØRSKOV, E.R.; McDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v.38, n.3, p.437-443, 1977.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação e formulação de rações. In: Simpósio Internacional de Ruminantes, Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 29, Lavras, 1992. **Anais...** Lavras: SBZ, 1992. p.188.
- 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.
- 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**, v.55, n.3, p.315-323, 2003.
- MYERS, W.D.; LUDDEN, P.A.; NAYIGHUGU, V. et al. Technical Note: a procedure for the preparation and quantitative analysis of samples for titanium dioxide. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 179-183, 2004

- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requeriments of dairy cattle.** 7.ed. Washington, DC: National Academy Press, 2001. 381p.
- 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: II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel, 2007, Brasília. **Anais...CD-ROM** Brasília: MCT/ABIPTI, p.1-6, 2007.
- OLIVEIRA, A.S. **Co-produtos da extração de óleos de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes.** Viçosa, 2008. 165p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agricultural Science**, v.92, p.499-503, 1979.
- PAIXÃO, M.L.; VALADARES FILHO, S.C.; LEÃO, M.I. et al. Variação diária na excreção de indicadores interno (FDAi) e externo (Cr₂O₃), digestibilidade e parâmetros ruminais em bovinos alimentados com dietas contendo uréia ou farelo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.739-747, 2007.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES, R.F.D.; LEÃO, M.I. et al. Estimativa da produção de proteína microbiana pelos derivados de purinas na urina em novilhos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.4, p.1223-1234, 2000.
- RENNÓ, L.N.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. et al. Estimativas da excreção urinária de derivados de purinas e da produção de proteína microbiana em novilhos alimentados com níveis crescentes de uréia na ração. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 39, 2002, Recife. **Anais... CD-ROM** Recife: 2002, Nutrição de Ruminantes.
- SAMPAIO, C.B. **Consumo, digestibilidade e dinâmica ruminal em bovinos alimentados com forragem tropical de baixa qualidade suplementados com compostos nitrogenados.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 65p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.
- SAS INSTITUTE. **SAS system for windows: versão 9.0.** Cary: SAS Institute, 2005.
- SATTER, L.D.; SLYTER, L.L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v.32, n.2, p.199-208, 1974.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- STERN, M.D.; VARGA, G.A.; CLARK, J.H. et al. Evaluation of chemical and physical properties of feeds that affect protein metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.77, p.2762-2786, 1994.

- USHIDA, K.; LASSALAS, B.; JOUANY, J.P. Determination of assay parameters for RNA analysis in bacterial and duodenal samples by spectrophotometry. Influence of sample treatment and preservation. **Reproduction, Nutrition and Development**, v.25, n.6, p.1037-1046, 1985.
- VAGNONI, D.B.; BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. et al. Excretion of purine derivatives by Holstein cows abomasally infused with incremental amounts of purines. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.8, p.1695-1702, 1997.
- VALADARES, R.F.D., GONÇALVES, L.C., SAMPAIO, I.B. et al. Níveis de proteína em dietas de bovino. 4. Concentrações de amônia ruminal e uréia plasmática e excreções de uréia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1270-1278, 1997.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. **Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos BR-CORTE**. 1.ed. – Viçosa : UFV, DZO, 2006, 142p.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminants**. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, n.3, p.243-248, 1990.
- WALTZ, D.M.; LOERCH, S.C. Effect of acid and alkali treatment of soybean meal on nitrogen utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.63, p.879-887, 1986.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61., 1999, **Proceeding**, Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

Conclusões Gerais

A substituição total ou parcial do farelo de soja por farelo de mamona tratado com cal (60 g/kgMN) não alterou o desempenho e os rendimentos de carcaça e cortes básicos dos animais, bem como as variáveis digestivas e fisiológicas avaliadas nesse estudo.. Portanto, conclui-se que o farelo de soja pode ser parcial ou totalmente substituído pelo farelo de mamona tratado.

O farelo de mamona não tratado apresentou resultados satisfatórios para o consumo diário de ricina de até 3 mg/kgPC, contudo considerando o perigo da presença dessa toxina, cautela deve ser tomada em sua utilização, pois os resultados podem ser influenciados pelas quantidades de ricina presentes nos diferentes tipos de farelo.