

ALINE CARDOSO OLIVEIRA

**FARELO DE MAMONA DESTOXIFICADO NA ENSILAGEM DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETAS PARA OVINOS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2011

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

T

O48f
2011

Oliveira, Aline Cardoso, 1981-
Farelo de mamona destoxificado na ensilagem de
cana-de-açúcar em dietas para ovinos / Aline Cardoso
Oliveira. – Viçosa, MG, 2011.
xv, 89f.: il. ; 29cm.

Orientador: Rasmão Garcia.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Farelo de mamona como ração. 2. Cana-de-açúcar.
3. Silagem. 4. Carne ovina - Qualidade. 5. Animais -
Comportamento. 6. Ovino - Alimentação e rações.
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 636.3085

ALINE CARDOSO OLIVEIRA

**FARELO DE MAMONA DESTOXIFICADO NA ENSILAGEM DE
CANA-DE-AÇÚCAR EM DIETAS PARA OVINOS**

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

APROVADA: 09 de maio de 2011

Prof. Aureliano José Vieira Pires
(Co-Orientador)

Prof. Robério Rodrigues Silva
(Co-Orientador)

Prof^a. Cristina Mattos Veloso

Prof. Dilermando Miranda da Fonseca

Prof. Rasmão Garcia
(Orientador)

À Deus por sempre iluminar e guiar os meus caminhos.

Aos meus amados pais, Edmir Domingos de Oliveira e Marilene Cardoso Oliveira pelo amor e dedicação, pela forma exemplar com a qual me criou, ensinando-me valores morais e éticos que me seguirão por toda a vida e pelo apoio incondicional na busca dos meus sonhos, meus verdadeiros alicerces.

Aos meus irmãos Hellenn e Ueslei pelo apoio carinho e força que sempre me dedicaram.

Às minhas amadas sobrinhas Beatriz, Débora e Izabel que irradiam felicidade e amor cativando todos ao seu redor.

Aos meus avós Nenzinho, Lera (in memoriam), Egídio e Carmelita pelo amor e carinho, em especial minha amada avó Lera pela saudade deixada com a sua partida.

À meu noivo Vitor, por todo apoio, amizade, companheirismo, força, compreensão e principalmente pelo amor dedicado em todos os momentos.

Dedico

Ao professor Rasmô Garcia pela disponibilidade em todos os momentos, amizade, atenção e carinho, exemplo de ética, profissionalismo e ser humano.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realizar este curso.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, por disponibilizar suas instalações para montagem do experimento e pelo suporte imprescindível.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo e financiamento do projeto.

Ao professor Rasmão Garcia pela orientação, confiança, disposição e pelo grande exemplo de profissional o qual tenho como referência de vida e profissionalismo.

Ao professor Aureliano José Vieira Pires pela co-orientação e por sempre incentivar-me na busca de novos horizontes, serei sempre grata pelo incentivo.

Ao professor Robério Rodrigues Silva, pela co-orientação, amizade e ensinamentos. Agradeço também pelo apoio ao projeto disponibilizando seus bolsistas de Iniciação Científica para a condução das atividades.

À professora Cristina, pela amizade, pelo apoio, incentivo, pelos ensinamentos e principalmente pelo carinho e atenção em todos os momentos.

Ao professor Dilermando pela excelente contribuição em minha tese e pelo valioso aprendizado enquanto sua aluna na Pós-Graduação.

Ao professor Odilon Gomes Pereira pela disponibilidade e apoio sempre que necessário.

Ao professor Fabiano Ferreira por disponibilizar as instalações para a condução do projeto, bem como pela constante disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

À professora Juliana Simonato e suas orientadas, pelas orientações e apoio nas análises de carne.

Ao Prof. Jair de Araújo Marques, pela constante disposição em ajudar e apoio imprescindível na avaliação da carcaça dos animais e por disponibilizar sua equipe para este trabalho. Muito Obrigada.

À professora Mara Lúcia Albuquerque pela disponibilização do Laboratório de Fisiologia Animal e orientada de mestrado para suporte na análise de urina. Muito Obrigada.

Ao meu noivo Vitor, pela ajuda preciosa na condução do trabalho e pelo amor e companheirismo em todos os momentos.

À minha irmã Hellen pelo apoio incondicional na condução do experimento, pelo carinho e amizade.

A Léo (leleco), Daniela (Dani bananinha), Rogério (Roger) e Andréia (Déa) pela amizade sincera, carinho e conselhos verdadeiros.

Ao bolsista de iniciação e amigo Carlinhos pelo apoio desde a fase inicial do experimento até sua total conclusão, pela disponibilidade, dedicação e empenho com o qual desempenhou suas atividades.

À Daiane (Dadai) minha querida amiga pela ajuda imprescindível em fases importantíssimas do experimento, muito obrigada minha amiga.

Aos meus irmãos científicos e grandes amigos Cely e Chicão por toda amizade, carinho e conselhos, amigos para a vida inteira.

Aos estagiários e amigos Diego, George, Dani, Mateus, Ramon, Paula, Daniel, Elisângela, Daniel pelo empenho e dedicação nas atividades do experimento.

À Alana pela ajuda indispensável nas análises de urina, mais uma vez muito obrigada.

Aos meus ex-colegas de república Carlindo e Rosana pela convivência harmoniosa.

Aos colegas de pós-graduação, em especial o Goiano e Clau pelo convívio e amizade.

Aos funcionários da UESB e em especial José (Zé Queiroz) e Tim, pelo apoio e disposição em ajudar nas minhas atividades.

À Mário pela amizade e pelo dinamismo com o qual resolve todos os problemas

Aos funcionários do laboratório de Forragicultura e Nutrição Animal do DZO/UFV, Raimundo, Vera, Valdir, Mário, Monteiro, Fernando e Wellington, por me ajudarem durante as análises laboratoriais.

À secretária da pós-graduação, Celeste, pela clareza e precisão nas informações e por estar sempre bem disposta para esclarecimento das inúmeras dúvidas.

Aos funcionários do DZO/UFV, Fernanda, Rosana, Raimundo, Venâncio pela eficiência e preciosa ajuda sempre que necessário.

Ao meu amado irmão Ueslei por toda o incentivo, carinho e amor dedicados.

Às minhas amadas sobrinhas, pelos momentos de descontração, pelo carinho e amor dedicados.

Às minhas tias e tios pela torcida fiel para que alcançasse todos os meus objetivos.

Às minhas queridas primas e primos em especial Thiara pela amizade, confiança e conselhos em todas as fases de minha vida e principalmente pela torcida fiel.

Aos meus amados pais razão pela qual realizo mais essa conquista.

BIOGRAFIA

ALINE CARDOSO OLIVEIRA, filha de Edmir Domingos de Oliveira e Marilene Cardoso Oliveira, nasceu em Itapetinga, BA, em 16 de março de 1981.

Em 2006, graduou-se em Zootecnia pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Em outubro de 2006, ingressou no Curso de Mestrado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, área de concentração em Forragicultura e Pastagem, defendendo a dissertação em 22 de fevereiro de 2008.

Em março de 2008 ingressou no Curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), área de concentração em Forragicultura e Pastagem, defendendo a Tese em 09 de maio de 2011.

SUMÁRIO

RESUMO	x
ABSTRACT	xiii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
LITERATURA CITADA	7
Capítulo 1 - Composição químico-bromatológica e características fermentativas de cana-de-açúcar ensilada com farelo de mamona destoxificado	9
Resumo	9
Abstract	10
Material e Métodos	13
Resultado e Discussão	16
Conclusões.....	29
Referência Bibliográfica	30
Capítulo 2 - Desempenho de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivadas com farelo de mamona destoxificado.....	33
Resumo.....	33
Abstract.....	34
Material e Métodos	37
Resultados e Discussão.....	42
Conclusão	51
Referências Bibliográficas	52
Capítulo 3 - Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivadas com farelo de mamona destoxificado.....	55
Resumo	55
Abstract.....	56
Material e Métodos	58
Resultados e Discussão.....	63
Conclusão	69
Referência Bibliográfica	70
Capítulo 4 - Composição química e em ácidos graxos da carne de ovinos alimentados com cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de farelo de mamona destoxificado	72

Resumo	72
Abstract.....	73
Introdução.....	74
Material e Métodos	76
Resultados e Discussão.....	79
Conclusão	86
Referências Bibliográficas	87

RESUMO

OLIVEIRA, Aline Cardoso, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2011.
Farelo de mamona destoxificado na ensilagem de cana-de-açúcar em dietas para ovinos. Orientador: Rasmão Garcia, Co-Orientadores: Aureliano José Vieira Pires e Robério Rodrigues Silva.

O presente trabalho foi desenvolvido mediante a condução de dois experimentos, os quais geraram informações que serão apresentadas na forma de quatro capítulos. Ressalta-se, inicialmente, que a cana-de-açúcar utilizada nos experimentos que serão descritos foi ensilada com a adição de farelo de mamona destoxificado em quatro níveis 0, 7, 14 e 21% (com base na matéria natural). No **primeiro capítulo**, avaliaram-se os efeitos da inclusão de níveis de farelo de mamona destoxificado na composição químico-bromatológica, as características fermentativas e as perdas de MS da silagem de cana-de-açúcar. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos (0, 7, 14 e 21% da matéria natural) de inclusão do farelo de mamona destoxificado, com cinco repetições. Foram usados silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para a produção das silagens, que foram abertos após 60 dias. A densidade da ensilagem nos silos foi equivalente a 750 kg de matéria natural/m³. Os silos foram pesados no início e ao final do período experimental para quantificar as perdas por gases e efluente. A inclusão de farelo de mamona elevou os teores de MS e proteína bruta e reduziu os teores de fibra em detergente neutro, N-NH₃, etanol e as perdas das silagens, não ocasionando efeito nos valores de pH. A fermentação alcoólica da silagem foi reduzida com a inclusão do aditivo. No **segundo capítulo** o experimento foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o consumo, o desempenho e a digestibilidade de cordeiros machos da raça Santa Inês alimentados com dietas contendo silagem de cana-de-açúcar ensilada com níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado. Foram utilizados 24 ovinos, com peso corporal médio 25,34 kg e em

média quatro meses de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de inclusão 0, 7, 14 e 21% do farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar. Os consumos de matéria seca (g/dia, % PC e g/PC^{0,75}), matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, nutrientes digestíveis totais, carboidratos totais, energia metabólica e energia digestível, foram influenciados de forma quadrática positiva pelos níveis de inclusão de farelo de mamona. Os consumos de fibra em detergente neutro (g/dia, %PC e g/PC^{0,75}) e carboidrato não fibroso (g/dia) apresentaram comportamento linear crescente. Apenas o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro apresentou efeito linear crescente, os demais nutrientes apresentaram efeito quadrático positivo, com ponto máximo entre os níveis de 14,87 e 17,87% de inclusão. O ganho médio diário e total apresentou efeito quadrático em função dos níveis de farelo de mamona, com ponto máximo de 241,64 g/dia e 18,12 kg ao nível de 16,19% de inclusão. A conversão alimentar apresentou resposta quadrática com a inclusão do farelo de mamona. **No terceiro capítulo** objetivou-se avaliar o comportamento ingestivo de ovinos da raça Santa Inês recebendo dietas com diferentes níveis de farelo de mamona na ensilagem da cana-de-açúcar. O delineamento e as condições experimentais foram semelhantes aos relatados no segundo capítulo. O consumo de matéria seca (MS) foi influenciado de forma quadrática enquanto o consumo de fibra em detergente neutro (FDN), o tempo em minutos despendido nas atividades de alimentação, a eficiência de alimentação e ruminação (g MS e FDN/hora) apresentaram resposta linear crescente com a inclusão do farelo de mamona na ensilagem. No entanto, o tempo em minutos despendido nas atividades de ócio, apresentou resposta linear decrescente. As variáveis tempo gasto na atividade de ruminação, número de bolos por dia e número de mastigações por dia e por bolo, não foram afetadas pelos níveis de

inclusão de farelo de mamona. A inclusão de farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar promove melhoria na eficiência de alimentação e ruminação de ovinos Santa Inês. **No quarto capítulo**, objetivou-se avaliar a composição química e de ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com dietas contendo silagem de cana-de-açúcar ensilada com níveis crescentes de farelo de mamona. O delineamento e as condições experimentais foram semelhantes aos relatados no segundo capítulo. Não houve efeito da inclusão de farelo de mamona nas porcentagens de umidade (73,3%), cinza (1,1%), proteína bruta (21,17%) e lipídeos totais (2,1%) do músculo *Longissimus*. A inclusão dos níveis de farelo de mamona não alterou a composição de ácidos graxos saturados (AGS), mas influenciou os polinsaturados, que foram reduzidos linearmente. A razão n6:n3 não foi influenciada pelos níveis de farelo de mamona, mas as proporções se mantiveram dentro dos limites recomendáveis, o que caracteriza uma carne mais saudável do ponto de vista nutricional.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Aline Cardoso, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2011.
Detoxified castor bean meal as additive in the sugar cane silage for sheeps.
Adviser: Rasmo Garcia. Co-advisers: Aureliano José Vieira Pires and Robério Rodrigues Silva.

The present work was developed by the conduction of two experiments, which generated information that will be presented in the form of four chapters. Initially, it is important to emphasize that the sugar cane used in the experiments that will be described below was ensiled with the addition of detoxified castor meal at four levels 0, 7, 14 and 21% (based on natural matter). **In the first chapter** the experiment was conducted to evaluate the effects of inclusion of castor bean meal on chemical-bromatologic, fermentative characteristics and losses DM of sugar cane silage. It was used a completely randomized design with four treatment (0, 7, 14 and 21% natural matter) inclusion of castor bean meal with five replications. PVC silos with 50 cm height and 10 cm diameter were used for silages production, which were opened after 60 days. It was adopted a density of 750 kg of natural matter/m³. The silos were weighed at the beginning and at the end of the trial period to quantify the losses by gases and effluent. The castor bean meal inclusion increased DM and crude protein concentration and reduced neutral detergent fiber, ethanol, N-NH₃ and total dry matter losses levels in silages, but did not affect pH. Ethanol production in sugarcane silage was reduced by using additive. **In the second chapter** the experiment was developed to evaluate intake, digestibility and performance of male lambs Santa Ines fed diets containing silage of sugar cane with increasing levels of castor bean meal. Twenty-four sheep with 25,34 kg of initial body weight (BW) and four months old were used,

distributed in a completely randomized design with four treatments and six replications. The treatments were four levels inclusion 0, 7, 14 and 21% of castor bean meal in the ensiling process of sugar cane. The intakes of dry matter (g / day, % BW eg/BW^{0,75}), organic matter, crude protein, ether extract, total digestible nutrients, total carbohydrates, metabolic energy and digestible energy were positive quadratic affected by the levels of inclusion of castor bean meal. The intakes of neutral detergent fiber (g / day, % BW eg/ BW^{0,75}) and non-fiber carbohydrates (g/day) increased linearly. Only the digestibility of NDF presented a linear increased, the other nutrients presented positive quadratic effect, with the point of maximum levels between 14.87 and 17.87% of inclusion. The average daily gain (ADG) and total (TG) presented a quadratic effect levels of castor bean meal, with maximum point of 241.64 g / day and 18.12 kg respectively at 16.19% level of inclusion. Feed conversion presented a quadratic behavior with the addition of castor bean meal. **In the third chapter** the experiment was conducted to evaluate the ingestive behavior of sheep Santa Inês fed diets with different levels of castor bean meal in ensiling of sugar cane. The design and experimental conditions were similar to that related in the second chapter. The intake was quadratic affected while the NDF intake, time in minutes expended in feeding activities, the efficiency of feeding and ruminating (g DM and NDF / hour) linearly increased with the inclusion of castor bean meal in the ensilage process the sugar cane, but the time in minutes expended in idle decreased linearly. The variables time expended in ruminating activity, number of bolus per day and number of chewing per day and bolus, were not affected by inclusion levels of castor bean meal. The addition of castor bean meal in the ensiling of sugar cane promotes improvement in the efficiency of feeding and rumination in Santa Ines sheep. **In the fourth chapter** The experiment was conducted to evaluate chemical and fatty acids composition in the

Longissimus dorsi muscle of male lambs Santa Ines fed diets containing silage from sugar cane with increasing levels of castor bean meal. The design and experimental conditions were similar to that related in the second chapter. No effect of the inclusion of castor bean meal on the percentage of moisture (73.3%), ash (1.1%), crude protein (21.17%) and total lipid (2.1%) in the *Longissimus dorsi*. The inclusion of levels of castor bean meal did not change the composition of saturated fatty acids (SFA), but influenced the polyunsaturated fat that were reduced linearly. The ration n6: n3, was not influenced by the level of castor bean meal but the proportions remained within recommended limits, what characterizes a healthy meat.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, a qual se destaca entre as gramíneas tropicais como a planta de maior potencial para produção de matéria seca e energia por unidade de área. De acordo com o IBGE (2010), a produção nacional alcançou mais de 729 milhões de toneladas, 7,4% superior à do ano anterior, demonstrando, assim, sua expressividade.

A facilidade e tradição de cultivo, o baixo custo por unidade de matéria seca produzida, a maturidade coincidindo com o período de escassez de pasto e por constituir uma opção competitiva quando comparada a outras fontes de volumosos, são importantes vantagens adicionais que justificam a utilização da cana-de-açúcar como recurso forrageiro. Entretanto, o manejo clássico desta gramínea, na forma *in natura* desintegrada demanda mão-de-obra diária para cortes, despalha, transporte e picagem, o que pode gerar limitações operacionais quando se pretende fornecer o suplemento a rebanhos maiores (Lopes & Evangelista, 2010). Assim, a possibilidade de conservação desta forrageira para fornecimento aos animais representa a possibilidade de otimizar o manejo diário do rebanho.

Atualmente, a conservação da cana-de-açúcar na forma de silagem tem despertado interesse de pesquisadores e produtores, em função dos benefícios em logística e operacionalidade que esta técnica apresenta.

Segundo Nussio et al. (2003), apesar da escassez de pesquisa nacional e internacional nesta área, trabalhos recentes têm demonstrado que silagens produzidas exclusivamente de cana-de-açúcar são de baixa qualidade, acarretando rejeição da ração, com conseqüente redução do consumo voluntário pelos animais e desempenho insatisfatório destes.

Em âmbito nacional, as pesquisas têm evidenciado a elevada produção de etanol e perdas no valor nutritivo ao se ensilar a cana-de-açúcar sem aditivos.

Evangelista et al. (2009), estudando o perfil de fermentação da cana-de-açúcar durante 100 dias, observaram redução acentuada do teor de MS (36% do material original, para 22,7%) e variação nos teores de FDN, de 55,6% no material original para 75,6% na MS, aos 50 dias.

Pedroso et al. (2005), ao estudarem a dinâmica de fermentação em silagens de cana-de-açúcar, constataram o desaparecimento de 71% dos carboidratos solúveis, como consequência, o teor de etanol na MS atingiu 6,4% e as perdas gasosas chegaram a 15,8%.

Freitas et al. (2006) encontraram 17,8% de etanol na silagem de cana-de-açúcar controle. A forrageira que deu origem a essa silagem, apresentava 59,9% de carboidratos solúveis na MN, passando a 6,4% após 45 dias da ensilagem.

De forma semelhante, Pedroso et al. (2007) e Schimidt et al. (2011) relataram valores de 22,7 e 14,4% de etanol na base da MS de silagens de cana-de-açúcar.

Assim, a constatação de fermentações indesejáveis, em silagens de cana-de-açúcar, atingindo perdas excessivas e a possibilidade de prejudicar o desempenho animal, despertou grande interesse da comunidade científica em solucionar esses problemas por meio do uso de aditivos, que inseridos durante o processo de ensilagem, fossem capazes de alterar a rota fermentativa verificada nessas silagens, bem como reduzir as perdas no valor nutritivo desses volumosos.

Diante disso, a justificativa para a inclusão de um aditivo deverá considerar seu custo, em contraste ao benefício a ser alcançado. Todavia, segundo Santos (2007), nem sempre o uso de aditivos vem acompanhado de melhora no desempenho de animais recebendo silagens tratadas. Entretanto, mesmo que isso não aconteça, apenas se o

aditivo for capaz de alterar o padrão de fermentação das silagens, reduzindo as perdas totais e aumentando a recuperação de matéria seca de forma economicamente viável, sua utilização se tornará justificável.

Embora a utilização de aditivos nutritivos e sequestrantes de umidade, na ensilagem da cana-de-açúcar, ainda não sejam freqüentemente estudada, observa-se, por parte de alguns pesquisadores, interesse em investigar seus efeitos na silagem.

Andrade et al. (2001), ao avaliarem o valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de níveis de 0 a 12% de rolão-de-milho, observaram melhoria no padrão de fermentação e aumento linear no valor nutritivo da silagem. Foi observada uma redução na produção de etanol de 99% com o aumento do teor de matéria seca de 20,9 para 27,7%.

De forma semelhante, Freitas et al. (2006), ao estudarem a inclusão de 10% de resíduo da colheita de soja sobre a qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar, verificaram que o resíduo diminuiu em 33% as perdas de matéria seca das silagens e em 60% o teor de N-amoniaco em relação ao nitrogênio total, além de reduzirem os teores de etanol.

Rezende et al. (2009) ao estudarem o efeito de níveis crescentes de raspa de batata desidratada (7, 14, 21 e 28%MV) em forragem de cana-de-açúcar com MS de 20,1%, observaram redução linear na perda por gases e na perda por efluentes, à medida que se aumentou o nível dos aditivos utilizados.

Corroborando com os resultados supracitados, Evangelista et al. (2009), ao avaliarem as alterações bromatológicas e fermentativas de silagens de cana-de-açúcar, com e sem milho desintegrado com palha e sabugo, também observaram redução nas perdas de matéria seca. Segundo os autores, nas silagens controle, a redução foi de

14,1%, enquanto naquelas com milho desintegrado com palha e sabugo, foi de 8,8 unidades percentuais.

Diante deste contexto dentre os aditivos estudados na ensilagem de cana-de-açúcar, a utilização de resíduo do biodiesel, como o farelo de mamona destoxificado, se apresenta como aditivo promissor, uma vez que a produção dessa oleaginosa tem sido cada vez mais incentivada pela política nacional, registrando segundo o IBGE (2008) produção de aproximadamente 120,5 mil toneladas na safra de 2008. Para cada 2,2 toneladas de sementes de mamona são produzidos 1,2 toneladas de torta e farelo (Azevedo & Lima, 2007).

Com o lançamento do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), em 2004, a mamona, passou a ser considerada pelo Governo Federal uma das principais oleaginosas de sua política de inclusão social da agricultura familiar na cadeia produtiva da agroenergia. Por decisão do Governo, a compra da mamona cultivada pela agricultura familiar, principalmente no Semi-Árido nordestino, passou a ganhar incentivos fiscais para a indústria de biodiesel.

Com a crescente valorização da utilização de fontes renováveis de energia, a utilização de produtos agroindustriais, como a mamona, tem gerado grande produção de resíduos na forma de farelo, entre outros, passíveis de serem aproveitados na nutrição animal. O farelo de mamona difere da torta pelo método de extração, que utiliza solvente, obtendo um produto com menor teor de óleo, 1,5%, e maior teor de proteína (Evangelista et al., 2004). Este resíduo 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). Contudo, apesar do potencial de utilização do farelo de mamona na alimentação de ruminantes, 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), (Gardner et al., 1960; Moshkin, 1986;).

Alimentos não convencionais como farelo de mamona destoxificado necessitam ser amplamente estudados na alimentação de ruminantes, uma vez que estes animais têm valioso papel nos sistemas agrícolas sustentáveis, pois são capazes de converter recursos naturais renováveis, como subprodutos agrícolas e agroindustriais, em alimentos de alta qualidade ao homem (Oltjen & Beckett, 1996), além de reduzir os custos com a dieta. Todavia, estudos devem ser realizados objetivando determinar as melhores formas de utilização desses subprodutos uma vez que estes podem vir a representar eficiência do sistema produtivo.

Dessa forma, a utilização deste resíduo na ensilagem de cana-de-açúcar poderá minimizar os transtornos provenientes das características intrínsecas da cultura em questão, por meio da elevação do teor de MS da silagem, além de contribuir para elevação do teor de proteína bruta, o que é bastante favorável, tendo em vista o baixo teor deste nutriente na cana-de-açúcar. Por possuir alto teor de matéria seca, e além de ser um concentrado protéico, o aproveitamento desse resíduo na alimentação dos ruminantes poderá melhorar a eficiência dos sistemas produtivos por meio da redução dos custos com alimentação, e, com isso, além de ser ambientalmente correto, também poderá ser economicamente viável.

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito da inclusão de farelo de mamona destoxificado na ensilagem de cana-de-açúcar sobre a composição químico-bromatológica, perdas e características fermentativas; avaliar o consumo,

desempenho, digestibilidade dos nutrientes e comportamento ingestivo de ovinos Santa Inês alimentados com cana-de-açúcar ensilada com farelo de mamona destoxificado, bem como avaliar o perfil de ácidos graxos da carne de ovinos Santa Inês.

LITERATURA CITADA

- ANDRADE, J.B.; JÚNIOR, E.F.; BRAUN, G. Valor nutritivo da silagem de cana-de-açúcar tratada com uréia e acrescida de rolão-de-milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.9, p.1169-1174, 2001.
- AZEVEDO, D.M.P. de; BELTRÃO, N. E. de M. (Ed.). O agronegócio da mamona no Brasil. 2. ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Campina Grande: Embrapa Algodão, p. 506, 2007
- 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.
- EVANGELISTA, A. R.; SIQUEIRA, G. R.; LIMA, J.A. de. et al. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento desilagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.20-26, 2009.
- FREITAS, A.W. de P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. et al. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.1, p.38-47, 2006.
- 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.
- IBGE, "Levantamento sistemático da produção agrícola", www.ibge.gov.br (26/03/2011).
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos absorventes de umidade, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.984-991, 2010.
- MOREIRA, J.F.C., RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C. et al. Concentrados proteicos 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.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, 20., 2003, Piracicaba. Anais... Piracicaba: FEALQ, 2003. p.187-205.

- OLTJEN, J.W.; BECKETT, J.L. Role of ruminant in sustainable agricultural systems. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n.6, p.1406-1409, 1996.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; LOURES, D.R.S et al. Efeito do tratamento com aditivos químicos e inoculantes bacterianos nas perdas e na qualidade de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.558-564, 2007.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F et al. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v.62, n.5, p. 427-432, 2005.
- REZENDE, A.V.; RABELO, C. H. S.; SILVEIRA, F. H. et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.739-746, 2011.
- SANTOS, M.C. **Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar *in natura* e ensilada (*Saccharum officinarum* L.)**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- SCHMIDT, P.; JUNIOR, P. R.; JUNGES, D. et al. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.543-549, 2011.
- SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. (Embrapa Algodão. Documentos, 136).

CAPÍTULO 1

Composição químico-bromatológica e características fermentativas de cana-de-açúcar ensilada com farelo de mamona destoxificado

RESUMO - O experimento foi desenvolvido para avaliar os efeitos da inclusão de níveis de farelo de mamona destoxificado sobre a composição químico-bromatológica, as características fermentativas e as perdas de matéria seca da silagem de cana-de-açúcar. Os tratamentos consistiam de quatro níveis (0, 7, 14 e 21% da matéria natural) de inclusão do farelo de mamona. O delineamento foi inteiramente casualizado com cinco repetições. Foram usados silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro para a produção das silagens, que foram abertos após 60 dias. A densidade de forragem nos silos foi correspondente a 750 kg de matéria natural/m³. Os silos foram pesados no início e ao final do período experimental para quantificar as perdas por gases e efluente. A inclusão de farelo de mamona elevou os teores de MS e proteína bruta e reduziu os teores de fibra em detergente neutro, N-NH₃, etanol e as perdas por gases e efluentes das silagens, não ocasionando efeito nos valores de pH. A fermentação alcoólica durante a ensilagem foi controlada com a inclusão do aditivo.

Palavras-chave: etanol, gases, *Saccharum officinarum* L, silagem, subproduto, perdas

**Chemical composition and fermentation characteristics of silages cane sugar
enriched with detoxified castor bean meal**

ABSTRACT - The experiment was developed to evaluate the effects of inclusion of castor bean meal on chemical-bromatologic, fermentative characteristics and losses of dry matter of sugar cane silage. It was used a completely randomized design with four treatment (0, 7, 14 and 21% natural matter) inclusion of castor bean meal with five replications. PVC silos with 50 cm height and 10 cm diameter were used for silages production, which were opened after 60 days. It was adopted a density of 750 kg of natural matter/m³. The silos were weighed at the beginning and at the end of the trial period to quantify the losses by gases and effluent. The castor bean meal inclusion increased DM and crude protein concentration and reduced neutral detergent fiber, ethanol, N-NH₃ and losses by gases and effluent levels in silages, but did not affect pH. Alcoholic fermentation in sugarcane silage was reduced by using additive.

Key Words: by-product, ethanol, gases, losses, *Saccharum officinarum* L, silage

Introdução

O uso da cana-de-açúcar fresca, mediante cortes diários, é tradicional e de amplo conhecimento entre pecuaristas. Entretanto, este manejo demanda mão-de-obra diária para cortes, despalha, transporte e picagem, o que pode gerar limitações operacionais quando se pretende fornecer o suplemento a rebanhos maiores (Lopes & Evangelista, 2010).

A ensilagem da cana-de-açúcar representa uma alternativa interessante para otimizar os trabalhos diários do campo. Entretanto, um dos principais entraves para conservação dessa gramínea está diretamente relacionado às perdas de matéria seca (MS) dessa forrageira devido à intensa fermentação alcoólica quando a mesma é ensilada sem aditivo. Esta gramínea apresenta grande população de leveduras que estão naturalmente presentes na cana-de-açúcar no momento da ensilagem e esta característica intrínseca determina os baixos valores nutricionais da silagem de cana-de-açúcar resultante dessa fermentação indesejável.

A busca de informações sobre tecnologias para produção de silagem de cana, visando reduzir a produção de etanol, melhorando assim a qualidade nutricional desse volumoso têm sido objeto de inúmeras pesquisas em âmbito nacional. Com este intuito, vários aditivos têm sido estudados na ensilagem dessa forrageira, dentre eles, cal virgem e cloreto de sódio (Rezende et al., 2011); óxido de cálcio (Cavali et al., 2010); inoculante bacteriano (Schmidt et al., 2011); resíduo de colheita de soja (Freitas et al., 2006); uréia (Lopes & Evangelista, 2010), entre outros.

Dentre os aditivos utilizados aqueles com característica absorvente e nutritiva representam uma alternativa promissora na produção dessas silagens, pois a adição de fontes de carboidratos induz à redução da exigência de carboidratos solúveis, garantindo processo fermentativo satisfatório, impedindo o desenvolvimento de microrganismos

indesejáveis e tornando a silagem de gramíneas tropicais um alimento de valor nutricional adequado (Balsalobre et al., 2001).

Diante disso, o farelo de mamona destoxificado se apresenta com grande potencial de adoção, uma vez que a geração desse resíduo, nos dias atuais, tem sido estimulada por programas governamentais que visam a geração de energia limpa, por meio do biodiesel. Além disso, esse sub-produto apresenta alto valor protéico e características absorventes o que poderia melhorar o valor nutritivo e o perfil fermentativo, pois corrigiria os baixos valores de proteína da cana-de-açúcar, além de reduzir as perdas por efluente, que são elevadas nas silagens sem aditivo.

Objetivou-se, com este estudo, avaliar a influência da inclusão de diferentes níveis de farelo de mamona destoxificado na ensilagem da cana-de-açúcar sobre a composição químico-bromatológica, as perdas e características fermentativas das silagens.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Forragicultura e Pastagem da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *Campus* Juvino Oliveira, localizado no município de Itapetinga-BA.

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) utilizada foi da variedade RB72454, com grau brix de 17, sendo colhida manualmente e processada em picadeira estacionária, com intuito de obter partículas com tamanho médio de 2 cm. Após a desintegração, a cana foi ensilada sem a utilização do aditivo ou com a inclusão de farelo de mamona destoxificado (FMT), em níveis correspondentes a 7, 14 e 21%, com base na matéria natural. O farelo de mamona utilizado foi adquirido de agroindústria da região metropolitana de Salvador-BA sendo este destoxificado previamente com a utilização de solução de cal (CaOH), 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. O tempo de secagem variou com as condições climáticas, sendo aproximadamente de 48 a 72 horas. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamento e cinco repetições.

Foram retiradas amostras da cana-de-açúcar *in natura* e do farelo de mamona, para determinação da composição químico-bromatológica que está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Composição químico-bromatológica de cana-de-açúcar *in natura* e do farelo de mamona destoxificado

Item	Cana-de-açúcar	Farelo de mamona
MS (%)	26,2	91,8
EE ¹	1,8	1,77
Cinza ¹	2,0	14,1
PB ¹	1,9	38,8
NIDN ¹	0,07	1,63
NIDA ¹	0,06	0,64
NIDN ²	23,03	10,2
NIDA ²	19,7	4,0
FDNcp ¹	49,0	30,0
FDA ¹	31,9	29,3
Lignina ¹	5,4	7,01

¹ matéria seca (MS), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) % MS; ² % NT

O farelo de mamona foi imediatamente adicionado a cana, logo após o corte e o fracionamento das partículas na ensiladeira, sendo a proporção adicionada com base na matéria natural. Depois de misturada à cana a quantidade de farelo de mamona correspondente a cada nível de inclusão, na base da matéria natural (peso/peso), o material foi armazenado durante 60 dias, em silos de PVC, com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, providos de válvula de Bunsen, para saída de gases oriundos da fermentação. Foram utilizados 1,5 kg de areia no fundo de cada silo, separados por uma tela com malha adequada para evitar o contato entre a areia e a silagem, para quantificação de efluentes.

A compactação foi realizada com auxílio de soquetes de concreto, com acomodação de camadas de, aproximadamente, 5 cm de espessura, obtendo-se uma massa específica correspondente a 750 kg de matéria verde/m³, e após a compactação os silos foram vedados e pesados.

Decorridos 60 dias, os silos foram pesados e abertos, procedendo-se, então, a coleta de amostras, as quais foram congeladas para posteriores análises.

Para análise as amostras foi descongelada à temperatura ambiente, acondicionada em saco de papel e levada à estufa de pré-secagem, por 72 horas, à temperatura de 65 °C. Em seguida, estas amostras foram moídas em moinho com facas tipo Willey, em peneira com malha de 1 mm, e submetidas às análises de matéria seca (MS), nitrogênio total (NT), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro isenta de cinza e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), celulose, hemicelulose, lignina, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e cinza, segundo metodologias descritas por Silva & Queiroz (2002).

As análises de fibra insolúvel em detergentes neutro (FDN) e ácido (FDA) (Van Soest et al., 1991) foram feitas em autoclave, conforme Pell & Schofield (1993).

Parte da silagem *in natura* (50 g) foi triturada com 200 mL de água, em liquidificador industrial, e filtrada em gaze para extração do meio aquoso, que será utilizado imediatamente para análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e pH. O teor de N-NH₃, como porcentagem do N-Total, será dosado imediatamente, utilizando-se óxido de magnésio e cloreto de cálcio, segundo Cunniff (1995).

Para determinação dos ácidos orgânicos, aproximadamente 25 g de silagem após descongelamento foram diluídos em 250 mL de água destilada e homogeneizados em liquidificador industrial durante um minuto. O extrato aquoso resultante foi filtrado em filtro de papel, e 100 mL foram acidificados com H₂SO₄ 50% e, posteriormente, filtradas em papel de filtragem rápida (Ranjit & Kung Jr., 2000). Em 2 mL deste filtrado adicionou-se 1 mL de solução de ácido metafosfórico 20% e 0,2 mL de solução de ácido fênico 1%, utilizado como padrão interno. A determinação dos ácidos láctico, acético, butírico e propiônico foi realizada por cromatografia líquida de alto desempenho (HPLC), marca Shimadzu SPD-10, com comprimento de onda de 210 nm, utilizando uma coluna C-18, de fase reversa, com pressão de 168 kgf e fluxo de 1,5

mL/minuto. A análise de etanol foi realizada em cromatógrafo líquido de alto desempenho (HPLC) marca SHIMADZU RID - 6A, onde utilizou-se uma coluna SCR -101 P, com pressão de 31 kgf e fluxo de 1,2 mL/minuto.

A perda de MS na forma de gases foi calculada com base na pesagem dos silos no fechamento e na abertura, em relação à massa de forragem armazenada, descontando-se o peso do silo vazio. A quantidade de efluentes, foi calculada pela diferença entre os pesos inicial e final dos silos contendo areia e tela plástica. E a perda total de MS (PMS), durante o período de ensilagem, foi calculada pela diferença entre o peso da MS inicial e final nos silos, conforme metodologia descrita por Jobim et al. (2007).

Os dados foram avaliados por meio de análises de variância e de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (SAEG, 2000). Os modelos estatísticos foram escolhidos de acordo com os coeficientes de determinação (r^2), e a significância observada dos coeficientes de regressão, por meio do teste F em nível de 5% de probabilidade.

Resultado e Discussão

Os valores de MS foram influenciados ($P < 0,05$) pelos níveis de inclusão do farelo de mamona destoxificado (Tabela 2). A adição do farelo de mamona na ensilagem da cana-de-açúcar afetou de forma linear crescente os teores de MS das silagens. Os acréscimos obtidos para esta variável foram de 0,76 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mamona adicionado.

Tabela 2 – Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro em função da PB (PIDN/PB), proteína insolúvel em detergente ácido em função da PB (PIDA), extrato etéreo (EE), cinza, fibra em detergente neutro corrigidas para cinza e proteína (FDNcp), fibra em detergente ácido (FDA), lignina e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) de silagens de cana-de-açúcar aditivadas ou não com farelo de mamona destoxificado.

Variável	Níveis de farelo de mamona (%MN)				Equação de regressão	R ²	CV (%)
	0	7	14	21			
MS (%)	19,3	26,1	31,1	35,3	$\hat{Y} = 20,0046 + 0,757933x$	0,97	3,1
PB ¹	2,8	11,9	16,1	20,0	$\hat{Y} = 4,32614 + 0,796863x$	0,92	6,8
PIDN ²	46,9	33,6	29,5	30,3	$\hat{Y} = 46,6823 - 2,27621x + 0,07163x^2$	0,86	8,1
PIDA ²	20,5	23,6	23,8	22,5	$\hat{Y} = 22,6$	-	10,7
EE	1,7	1,5	1,6	1,8	$\hat{Y} = 1,4880 + 0,020428x$	0,92	2,6
Cinza	3,2	4,8	5,5	6,1	$\hat{Y} = 3,4628 + 0,13556x$	0,90	4,8
FDNcp ¹	68,2	53,8	49,5	47,1	$\hat{Y} = 64,8191 - 0,966869x$	0,85	4,8
FDA ¹	49,8	41,4	40,5	40,3	$\hat{Y} = 49,4404 - 1,2924x + 0,04151x^2$	0,78	4,6
Hemicelulose ¹	19,4	12,3	8,0	5,4	$\hat{Y} = 18,2278 - 0,65687x$	0,91	11,5
Celulose ¹	37,3	24,4	20,0	19,2	$\hat{Y} = 34,0697 - 0,84104x$	0,77	7,4
Lignina ¹	7,4	7,9	8,5	9,2	$\hat{Y} = 7,30025 + 0,0896786x$	0,99	3,0
FDNi ¹	37,0	32,8	35,8	33,0	$\hat{Y} = 34,67$	-	3,7

¹ % MS, ² % PB, MN: matéria natural

Esse aumento dos teores de MS das silagens aditivadas é devido ao farelo de mamona apresentar alto teor de MS (91,8%) (Tabela 1) o que fez com que as silagens que receberam o aditivo elevassem também os seus teores. Os maiores valores observados de MS 31,1 e 35,3%, foram para as silagens com inclusão de 14 e 21% respectivamente.

Silagens com teores de MS inferiores a 30% de MS são predispostas a fermentações indesejáveis devido ao excesso de umidade que dificulta o abaixamento rápido do pH, requisito indispensável para garantir um processo fermentativo adequado.

O menor valor observado na silagem de cana-de-açúcar controle, 19,3%, provavelmente é resultado da maior produção de gases e efluentes (Tabela 3), oriundos da maior extensão de fermentações indesejáveis, decorrentes principalmente, da ação de leveduras.

Corroborando os resultados obtidos neste experimento, Freitas et al. (2006) ao avaliarem a inclusão de 10% de resíduo da colheita de soja sobre a qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar, verificaram elevação dos teores de MS, apresentando valores de 28,6 e 32,4% de MS respectivamente para as silagens controle e aditivadas com 10% de resíduo de colheita de soja.

De forma semelhante, Lopes & Evangelista (2010) também observaram acréscimos do teor de MS com a adição de 0,5 de uréia + 4% de milho e 0,5 de uréia + 4% de mandioca, que apresentaram valores médios de 27,0 e 24,9%, respectivamente.

Os teores de PB e a PIDN/PB foram influenciados ($P < 0,05$) pela inclusão do farelo de mamona na ensilagem da cana-de-açúcar. Ao se avaliar os valores de PB, verificou-se resposta linear crescente com a adição do farelo de mamona. Para cada unidade de farelo de mamona adicionado, elevou-se os teores de PB em 0,79 unidades percentuais. O farelo de mamona constitui um aditivo protéico (38,7%PB), o que explica os resultados encontrados neste estudo.

O aumento no teor de PB da silagem de cana-de-açúcar controle em relação à cana *in natura* (Tabela 1) está associado à concentração deste nutriente na MS, principalmente em consequência da perda de carboidratos solúveis por respiração no processo de fermentação da silagem.

As silagens de cana sem aditivos se caracterizam por apresentar baixos valores de PB. Tal limitação nutritiva impede a utilização da fração fibrosa por parte dos microrganismos ruminais que exigem um mínimo de 6 a 8% de PB para que este nutriente não seja limitante para fermentação dos carboidratos estruturais pela flora ruminal (Mertens, 1994). Todas as silagens aditivadas apresentaram valor superior ao recomendado por Mertens (1994), apresentando valor médio de 11,9; 16,1 e 20,0% PB

para as silagens com 7, 14 e 21% de FM respectivamente, o que indica melhoria no valor nutritivo dessas silagens.

Quanto à proteína insolúvel em detergente neutro em porcentagem da PB (PIDN/PB), esta apresentou resposta quadrática negativo em função dos níveis de farelo de mamona adicionados, apresentando ponto mínimo de 28,6% no nível de 15,9 % de adição de farelo de mamona.

Em contrapartida, os valores de PIDA/PB não foram influenciados ($P>0,05$) pela inclusão do subproduto, apresentando valor médio de 22,6% (Tabela 2). Este resultado ocorreu, possivelmente, devido aos baixos valores desta fração protéica (Tabela 1) no farelo de mamona, não promovendo, desta forma, nenhuma alteração das silagens aditivadas.

Os teores de EE e cinza foram influenciados ($P<0,05$) pelos níveis de inclusão de farelo de mamona de forma linear crescente, com elevações de 0,02 e 0,13 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mamona adicionado. A elevação dos teores de EE não eram esperadas uma vez que o subproduto utilizado apresenta baixos teores de EE em decorrência do método de extração por solvente, ao qual o mesmo é submetido. A provável explicação para estes resultados é um possível efeito de concentração em decorrência da diminuição dos carboidratos solúveis durante o processo fermentativo. Quanto às cinzas já se esperava a elevação dos seus teores, uma vez que a destoxificação do farelo de mamona aumenta o teor de cinzas em razão da adição de minerais no tratamento químico.

A fração fibrosa das silagens de cana-de-açúcar foi influenciada ($P<0,05$) pelos níveis de farelo de mamona. Os teores de FDNcp, hemicelulose e celulose foram reduzidos linearmente com a inclusão do subproduto utilizado. As reduções foram de 0,97, 0,65 e 0,84 unidades percentuais respectivamente para cada unidade de farelo de

mamona adicionado (Tabela 2). Já os valores de FDA apresentaram resposta quadrática negativa, apresentando ponto mínimo de 39,4% no nível de 15,6% de farelo de mamona. Embora as concentrações de FDNcp tenham sido reduzidas com o uso do subproduto, comparativamente observa-se que o valor desta na silagem controle foi superior ao da cana *in natura*, resultado este comumente encontrado na literatura, uma vez que, por efeito de concentração a perda de carboidratos solúveis, componentes altamente fermentáveis propicia essa elevação. Em contrapartida, as silagens aditivadas reduziram seus valores de FDNcp, possivelmente porque estas silagens tiveram perda de MS inferior à da silagem controle (Tabela 3), o que, provavelmente reduziu a intensa utilização dos carboidratos solúveis, diminuindo, assim, o efeito de concentração. Além disso, o farelo de mamona apresentou menor valor de FDNcp (Tabela 1), o que pode ter produzido um efeito de diluição.

Evangelista et al. (2009), avaliando silagens de cana aditivadas com milho desintegrado com palha e sabugo, observaram redução de 17 unidades percentuais no teor de FDN das silagens, apresentando valor médio de 40,8%, resultado este inferior aos obtidos com a adição do farelo de mamona, que em seu nível de inclusão máxima, apresentou em média 47,1% de FDNcp (Tabela 2).

Embora os valores de FDNcp tenham decrescido com a inclusão do subproduto, observou-se aumento dos teores de FDN (Tabela 1) após a ensilagem. Esta constatação está de acordo com os resultados obtidos por Schmidt et al. (2011), que verificaram elevação média de 17,8 e 12,7 unidades percentuais nos teores de FDN e FDA, respectivamente, da cana-de-açúcar, antes e após a ensilagem.

Padrão de resposta diferenciado aos supracitados, para a fração fibrosa, foi verificado para os valores de lignina das silagens, que se elevaram com a inclusão dos níveis de farelo de mamona. Os acréscimos foram de 0,09 unidades percentuais para

cada unidade de farelo de mamona adicionada. Possivelmente, as elevações observadas tenham sido devido à presença de casca da semente da oleaginosa estudada. A casca da semente apresenta altos teores de lignina e cutina, o que explica os resultados obtidos.

A lignina representa o principal componente que afeta a digestibilidade da fração potencialmente digestível dos carboidratos fibrosos insolúveis em meio neutro, uma vez que reduz a extensão e a velocidade da degradação ruminal da FDN, implicando em menor consumo de FDN digestível (Oliveira et al., 2010).

Para os valores de FDN_i, não se verificou influência (P<0,05) da inclusão do farelo de mamona nas silagens aditivadas, apresentando valor médio de 34,7% (Tabela 2).

A fração indigestível da FDN é um dos fatores limitantes da capacidade de ingestão de alimentos pelos ruminantes. Portanto, as silagens com maior teor de FDN_i podem limitar a ingestão e, conseqüentemente, a capacidade deste alimento em fornecer nutrientes para os animais (Freitas et al., 2006).

A inclusão do farelo de mamona na ensilagem da cana-de-açúcar influenciou (P<0,05) as perdas de MS total, as perdas por gases, por efluentes e a recuperação de MS (RECPMS) (Tabela 3).

Tabela 3 – Perdas e recuperação de MS (RECPMS) de silagens de cana-de-açúcar aditivadas ou não com farelo de mamona destoxificado

Variável	Níveis de farelo de mamona (% MN)				Equação de regressão	r ²	CV (%)
	0	7	14	21			
Perdas de MS Total ¹	31,3	26,1	21,3	16,2	$\hat{Y} = 31,6120 - 0,739337x$	0,92	6,1
Perdas por gases ¹	17,9	10,8	6,2	4,4	$\hat{Y} = 16,5507 - 0,641911x$	0,91	6,7
Perdas por efluente ²	192,4	183,2	153,7	120,2	$\hat{Y} = 199,287 - 3,51537x$	0,95	3,5
RECPMS	69,5	73,9	78,7	83,8	$\hat{Y} = 69,2985 + 0,683590x$	0,98	1,0

¹ % MS; ² kg/t MV; MN: matéria natural

Os percentuais de perdas de MS total foram reduzidos linearmente (P<0,05) com a inclusão do subproduto. Possivelmente a elevação da MS das silagens aditivadas

favoreceu a redução de perdas por meio da redução da umidade da silagem controle. Silagens com teores de MS inferiores a 30% de MS propiciam ambiente favorável a fermentações secundárias responsáveis pelo aumento nas perdas de nutrientes das silagens. A redução de 0,73 unidade percentual para cada unidade de farelo de mamona adicionado representa um resultado interessante do ponto de vista nutricional, uma vez que pode disponibilizar os nutrientes que seriam perdidos por lixiviação ou por gases. A maior redução das perdas de MS total foi obtida no nível de 21% de inclusão, apresentando valor médio de 16,2%, enquanto a silagem controle apresentou 31,3% de perdas, 48,2% superior a da silagem aditivada com 21% de farelo de mamona.

Os resultados encontrados nesta pesquisa para a perda de MS, em média, foram próximos aos encontrados por Freitas et al. (2006) e por Rezende et al. (2011), que, ao estudarem silagens de cana-de-açúcar adicionadas com 10% de resíduo de colheita de soja e 0,5% de cloreto de sódio, observaram perda de MS em torno de 22,4% e 24,9%, respectivamente. Para os autores, a redução das perdas ocorreu em decorrência da elevação dos teores de MS das silagens aditivadas em consequência do menor percentual de etanol dessas silagens.

Corroborando os resultados encontrados neste trabalho, Evangelista et al. (2009), ao avaliarem as alterações bromatológicas e fermentativas de silagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo, também observaram redução das perdas de MS. Segundo os autores nas silagens controle, a redução foi de 14,1% enquanto naquelas com milho desintegrado com palha e sabugo, foi de 8,8 unidades percentuais. Segundo os autores esse fato pode ser justificado pelo teor de MS do milho desintegrado com palha e sabugo, que é superior ao da cana-de-açúcar, portanto, silagens com o aditivo apresentam maiores teores de matéria seca reduzindo, assim, as perdas.

Os níveis de farelo de mamona também reduziram linearmente ($P < 0,05$) as perdas por gases das silagens de cana-de-açúcar. As reduções foram de 0,64 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mamona incorporada. Em média, as perdas de MS na forma de gases responderam por 57,1% das perdas totais de MS. As perdas por gases são a principal via de perdas fermentativas, em silagens de cana-de-açúcar (Baliero Neto et al., 2009).

De modo semelhante, as perdas por efluentes também apresentaram resposta linear decrescente com a inclusão do subproduto (Tabela 3). As reduções observadas foram 3,51 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mamona adicionada. Altas produções de efluentes indicam redução do valor nutritivo das silagens, uma vez que os nutrientes que seriam potencialmente utilizáveis pelos animais são carreados para o fundo do silo por lixiviação. Neste sentido, a utilização de aditivos com potencial absorvente, como o utilizado neste trabalho, favorece o processo de ensilagem, uma vez que eleva os teores de MS e reduz as perdas de nutriente via efluente.

A maior redução da produção de efluentes, 37,5%, foi verificada na silagem com 21% de FM (Tabela 3). A produção de efluentes foi superior aos resultados registrados por Schimidt et al. (2011), Rezende et al. (2011) e Santos et al. (2008), que ao trabalharem com inoculantes microbianos, cal virgem e cloreto de sódio e óxido de cálcio, respectivamente, observaram valores médios de 9,8, 54,9 e 29,7% de perdas por efluente nas silagens.

Resultados próximos aos obtidos neste estudo foram observados por Siqueira et al. (2010), que constataram perdas por efluente de 115,6 kg/t MV. Segundo estes autores o processo de ensilagem em silos experimentais de PVC podem superestimar a produção de efluentes, pois os bastões de ferro utilizados na compactação da forragem apresentam diâmetro próximo ao dos silos, o que proporciona compactação sobre toda

sua superfície, podendo provocar maior dilaceração das partículas ensiladas, tendo como consequência maior produção de efluentes, justificando, assim, possivelmente os resultados obtidos neste trabalho.

Os valores de RECPMS foram influenciados ($P < 0,05$) linearmente pelos níveis de adição do farelo de mamona. Os acréscimos foram de 0,68 unidade percentual para cada unidade de farelo de mamona adicionado (Tabela 3). Estes resultados estão condizentes com os verificados para as perdas, uma vez que a redução das perdas pela elevação dos teores de MS, via aditivo, proporciona maiores recuperações, o que é benéfico do ponto de vista fermentativo, nutricional e econômico.

As características fermentativas das silagens de cana-de-açúcar estão apresentadas na Tabela 4. A adição de farelo de mamona na ensilagem da cana-de-açúcar não alterou ($P > 0,05$) o valor de pH, que apresentou valor médio de 3,6 (Tabela 4).

Tabela 4 – Características fermentativas de silagens de cana-de-açúcar aditivadas ou não com farelo de mamona destoxificado

Variável	Níveis de farelo de mamona (%MN)				Equação de regressão	r ²	CV (%)
	0	7	14	21			
pH	3,5	3,6	3,6	3,7	$\hat{Y} = 3,58$	-	3,1
NH ₃ ²	6,6	1,6	1,6	1,5	$\hat{Y} = 6,3395 - 0,7413x + 0,02496x^2$	0,93	3,7
Ác. láctico ¹	0,9	1,1	1,3	1,2	$\hat{Y} = 0,8757 + 0,0470x - 0,001515x^2$	0,96	11,8
Ác. acético ¹	0,2	0,2	0,1	0,1	$\hat{Y} = 0,201625 - 0,0050142x$	0,96	12,9
Ác. propiônico ¹	0,09	0,06	0,05	0,05	$\hat{Y} = 0,08697 - 0,00484x + 0,000157x^2$	0,84	14,0
Ác. butírico ¹	0,007	0,006	0,005	0,005	$\hat{Y} = 0,00661060 - 0,000111837x$	0,85	10,9
Etanol ¹	7,5	5,7	4,9	3,6	$\hat{Y} = 7,2747 - 0,177350x$	0,97	2,2

Nitrogênio amoniacal (NH₃), ¹ % MS, ² %NT

Embora os valores de pH tenham sido baixos, não foi suficiente para reduzir as perdas fermentativas de MS. Esses dados corroboram as afirmações de que o ácido láctico não é bom inibidor da atividade de leveduras e serve, ainda, como substrato ao seu metabolismo.

A variável NH_3 foi afetada ($P < 0,05$) pelos níveis de inclusão de farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar, apresentando resposta quadrática. O valor mínimo estimado foi de 0,83% no nível de 14,8%. O maior valor encontrado de NH_3 foi da silagem controle (6,6%), o qual se encontra abaixo dos 10% referenciados na literatura como indicativo de má qualidade de silagens (Van Soest, 1994).

O nitrogênio amoniacal é associado à qualidade fermentativa da silagem, pois é proveniente da degradação da fração protéica pelos clostrídeos (McDonald et al., 1991). Contudo, na ensilagem da cana-de-açúcar, espera-se que essa degradação seja inibida pela rápida queda do pH, decorrente do baixo poder tampão e presença abundante de carboidratos solúveis. Aliado aos baixos valores de pH (Tabela 4) encontrados nessas silagens pode-se inferir que as silagens estudadas apresentaram bom perfil fermentativo.

O perfil de AGVs das silagens foram influenciados ($P < 0,05$) pelas adições de farelo de mamona no processo de ensilagem. Os ácidos láctico e propiônico apresentaram resposta quadrática positiva e negativa respectivamente, apresentando valores máximo e mínimo de 2,0 e 0,05% para os níveis de 15,6 e 15,4% de inclusão de farelo de mamona, respectivamente. Ressalta-se que o teor de ácido láctico obtido nas silagens não representa, necessariamente, a quantidade desse ácido produzido no processo fermentativo, uma vez que parte dele pode ser metabolizada a etanol pelas leveduras presentes na silagem (Moon, 1983).

Schimidt et al. (2011) encontraram valores inferiores de ácido propiônico (0,03%) em relação aos observados neste estudo que apresentaram valor médio de 0,06%. As

concentrações de propionato nas silagens com resíduo estão dentro da faixa de 0 a 1%, citada por Mahanna (1993) para classificação de silagens de boa qualidade. Segundo McDonald et al. (1991) os únicos microrganismos presentes nas silagens, responsáveis pela formação de ácido propiônico são os clostrídios e as espécies de *Propionibacterium* que produzem ácido propiônico pela fermentação do ácido láctico.

Já as concentrações dos ácidos acético e butírico decresceram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão do farelo de mamona. As reduções foram de 0,005 e 0,00015 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mamona adicionado (Tabela 4). Os teores de ácido acético encontrados em todos os tratamentos são inferiores aos valores verificados por Freitas et al. (2006) que observaram concentração média de 3,1%.

Os valores de etanol das silagens decresceram linearmente ($P < 0,05$), verificando-se redução de 0,2 unidade percentual para cada unidade de farelo de mamona adicionada. A adição de farelo de mamona contribuiu de maneira significativa para a redução do etanol das silagens que apresentaram decréscimos em relação ao controle de 23,4, 35,2 e 53,3%, respectivamente, para os níveis de 7, 14 e 21%. O maior e o menor valor observado foram para silagem controle e com 21 % de FM que apresentaram valor médio de 7,5 e 3,6 %, respectivamente. Segundo Andrade et al. (2001), a redução de etanol com a inclusão de aditivos absorventes pode ser atribuída à baixa tolerância das leveduras ao alto potencial osmótico das silagens aditivadas. Esse fato pode explicar a menor produção de etanol para o nível de 21% de farelo de mamona, no presente experimento.

O resultado observado para a silagem controle, neste estudo (7,5%), é superior ao constatado por Amaral et al. (2009) e inferiores aos obtidos por Freitas et al. (2006) que verificaram teores de 4,3% e 17,8% de etanol respectivamente. Segundo os autores, a

diferença na produção de etanol da silagem controle está relacionada à concentração de carboidratos solúveis da forrageira utilizada no momento da ensilagem.

Bernardes et al. (2007), avaliando o efeito da inclusão de milho desintegrado com palha e sabugo (MDPS) sobre as características fermentativas da cana-de-açúcar ensilada, verificaram discreta redução do etanol (6,9 e 6,2%) nas silagens controle e adicionada de MDPS. Para os autores, a redução da atividade de água do alimento ocasionou menor atividade fermentativa e, conseqüentemente, menor teor de etanol, demonstrando, assim, eficiência dos aditivos absorventes de umidade na inibição da atividade das leveduras. Teores de etanol de 7,8 a 17,5% na MS têm sido relatados para a cana-de-açúcar ensilada sem o uso de aditivos (Kung Jr. & Stanley, 1982; Freitas et al., 2006, Schimidt et al., 2011).

Segundo McDonald et al. (1991), a produção de etanol representa perdas de 48,9% de MS dos substratos e essa perda é composta, principalmente, por carboidratos solúveis. Esta afirmação está de acordo com o observado no presente trabalho, no qual se verificou maiores perdas (Tabela 3) nas silagens com maiores concentrações de etanol (Tabela 4).

Conclusões

A inclusão do farelo de mamona destoxificado na ensilagem de cana-de-açúcar propicia melhoria no valor nutritivo uma vez que eleva os teores de proteína bruta e reduz a parede celular.

O farelo de mamona como aditivo na ensilagem da cana-de-açúcar, reduz a fermentação alcoólica e as perdas por gases e efuentes, favorecendo o processo fermentativo.

Referência Bibliográfica

- AMARAL, R.C.; PIRES, A.V.; SUSIN, I. et al. Cana-de-açúcar ensilada com ou sem aditivos químicos: fermentação e composição química. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1413-1421, 2009.
- BALSALOBRE, M.A.A.; NUSSIO, L.G.; MARTHA JR., G.B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: MATTOS, W.R.S. (Ed.) A produção animal na visão dos brasileiros. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.890-911.
- BALIEIRO NETO, G.; SIQUEIRA, G.R.; NOGUEIRA, J.R. et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar aditivadas com cal virgem. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.1, p.24-33, 2009.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G. R et al. Avaliação da queima e da adição de milho desintegrado com palha e sabugo na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.269-275, 2007.
- CAVALI, J.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C. et al. Bromatological and microbiological characteristics of sugarcane silages treated with calcium oxide. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1398-1408, 2010.
- CUNNIFF, P. **Official methods of analysis of AOAC International**. 16 ed., Arlington: AOAC International, v.1. 1995.
- EVANGELISTA, A.R.; SIQUEIRA, G.R.; LIMA, J.A. de. et al. Alterações bromatológicas e fermentativas durante o armazenamento desilagens de cana-de-açúcar com e sem milho desintegrado com palha e sabugo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.1, p.20-26, 2009.
- FREITAS, A.W. de P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C. et al. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 1, p. 38-47, 2006.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.101-120, 2007 (supl. especial).
- KUNG JR, L.; STANLEY, R. W. Effects of stage of maturity on the nutritive value of whole-plant sugarcane preserved as silage. **Journal of Animal Science**, v.54, n.4, p.689-696, 1982.
- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R. Características bromatológicas, fermentativas e população de leveduras de silagens de cana-de-açúcar acrescidas de ureia e aditivos

- absorventes de umidade, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.5, p.984-991, 2010.
- MAHANNA, B. Troubleshooting silage problems. In: STATE APPLIED NUTRITION CONFERENCE, 4., 1993, Wisconsin. **Proceedings...** Wisconsin: 1993. p.1-21.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage. 2.ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340p.
- MERTENS, D.R. Regulation of forage intake. In: FAHEY JR., G.C. (Ed.). **Forage quality, evaluation and utilization**, Madison: American Society of Agronomy, 1994. p.450-493.
- MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal Applied Bacteriology**, v.55, p.453-460, 1983.
- OLIVEIRA, A.S.; PINA, D.S.; CAMPOS, J.M.S. Co-Produtos do biodiesel na alimentação de ruminantes. In: Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa- MG, 2010, p.418-452.
- PELL, A.N.; SCHOFIELD, P. Computerized monitoring of gas production to measure forage digestion *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.76, n.9, p.1063-1073, 1993.
- RANJIT, N.K.; KUNG JR, L. The effect of lactobacillus buchneri, lactobacillus plantarum, or a chemical preservative on the fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v. 86 p. 523-535, 2000.
- REZENDE, A.V.; RODRIGUES,R.; BARCELOS, A. F. et al. Qualidade bromatológica das silagens de cana-de-açúcar (*saccharum officinarum* L.) aditivadas com raspa de batata. *Ciência Agrotécnica*, Lavras, v. 33, n. 1, p. 292-297, 2009.
- REZENDE, A.V DE.; RABELO, C. H. S.; SILVEIRA, F. H. et al. Perdas fermentativas e estabilidade aeróbia de silagens de cana-de-açúcar tratadas com cal virgem e cloreto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.4, p.739-746, 2011.
- SANTOS, M. C.; NUSSIO, L. G.; MOURÃO, G. B. et al. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.9, p.1555-1563, 2008.
- SCHMIDT, P.; JUNIOR, P.R.; JUNGES, D. et al. Novos aditivos microbianos na ensilagem da cana-de-açúcar: composição bromatológica, perdas fermentativas, componentes voláteis e estabilidade aeróbia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.3, p.543-549, 2011.
- SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P. et al. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p.103-112, 2010.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – Sistema de análise estatística e genética. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

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

CAPÍTULO 2

Desempenho de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivadas com farelo de mamona destoxificado

RESUMO – O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o desempenho de cordeiros machos da raça Santa Inês alimentados com dietas contendo silagem de cana-de-açúcar ensilada com níveis crescentes de farelo de mamona. Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de inclusão 0, 7, 14 e 21% do farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar. Foram utilizados 24 ovinos, com peso corporal médio 25,34 kg e média de 4 meses de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. Os consumos de matéria seca (g/dia, %PC e g/PC^{0,75}), matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo, nutrientes digestíveis totais, carboidratos totais, energia metabólica e energia digestível, foram influenciados de forma quadrática positiva pelos níveis de inclusão de farelo de mamona. Os consumos de fibra em detergente neutro (g/dia, %PC e g/PC^{0,75}) e carboidratos não fibrosos (g/dia) apresentaram resposta linear crescente. Apenas o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro apresentou efeito linear crescente, os demais nutrientes apresentaram efeito quadrático positivo, com ponto máximo entre os níveis de 14,87 e 17,87% de inclusão. O ganho médio diário e total apresentou efeito quadrático para os níveis de farelo de mamona, com ponto de máxima de 241,64 g/dia e 18,12 kg ao nível de 16,19% de inclusão. A conversão alimentar apresentou resposta quadrática com a inclusão de farelo de mamona.

Palavras-chave: conversão alimentar, ganho de peso, silagem, subprodutos

Performance of sheep fed silage sugar cane additive white castor bean meal detoxified

ABSTRACT – The experiment was conducted to evaluate performance of male lambs Santa Ines fed diets containing silage from sugar cane ensiled with increasing levels of castor bean meal. The treatments were four levels inclusion 0, 7, 14 and 21% of castor bean meal in the ensiling of sugar cane. Twenty-four sheep with 25,34 kg of initial body weight (BW) and four months old were used, distributed in a completely randomized design with four treatments and six replications. The intakes of dry matter (g /day, % BW $eg/BW^{0,75}$), organic matter, crude protein, ether extract, total digestible nutrients, total carbohydrates, metabolic energy and digestible energy were positive quadratic affected by the levels of inclusion of castor bean meal. The intakes of neutral detergent fiber (g/day,% BW $eg/BW^{0,75}$) and non-fiber carbohydrates (g/day) increased linearly. Only the digestibility of NDF presented a linear increased, the other nutrients presented positive quadratic effect, with the point of maximum levels between 14.87 and 17.87% of inclusion. The average daily gain (ADG) and total (TG) levels presented a quadratic effect of castor bean meal, with maximum point of 241.64 g / day and 18.12 kg at 16.19% level of inclusion. Feed conversion presented a quadratic behavior with the addition of castor bean meal.

Key words: byproducts, feed:gain ratio, silage, weight gain

Introdução

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas produzidas no Brasil e, de acordo com o IBGE (2010), a produção nacional alcançou mais de 729 milhões de toneladas, 7,4% superior à do ano anterior. A ensilagem desta cultura representa uma alternativa para conservação dessa forragem, visando à otimização de atividades no canavial e facilidade operacional.

Entretanto, limitações decorrentes de características intrínsecas da planta, como alta população de leveduras, acarretam elevadas perdas de matéria seca (MS) durante o processo fermentativo das silagens de cana-de-açúcar. Neste sentido, o uso de aditivos é importante para reduzir a intensidade de fermentações indesejáveis, típicas desse forragem.

A justificativa para o uso de um aditivo deverá considerar seu custo, em contraste ao benefício a ser alcançado. Segundos Santos (2007), nem sempre o uso de aditivos vem acompanhado de melhora no desempenho de animais recebendo silagens tratadas. Entretanto, mesmo que isso não aconteça, apenas se o aditivo for capaz de alterar o padrão de fermentação das silagens, reduzindo as perdas totais e aumentando a recuperação de MS de forma economicamente viável, sua utilização se tornará justificável.

Diante deste contexto a utilização de resíduo do biodiesel como o farelo de mamona destoxificado caracteriza-se como alternativa interessante, uma vez que a produção dessa oleaginosa tem sido cada vez mais incentivada pela política nacional, registrando segundo o IBGE (2008) produção de aproximadamente 120,5 mil toneladas na safra de 2008. Para cada 2,2 toneladas de sementes de mamona são produzidos 1,2 toneladas de torta e farelo (Ávila Filho et al. 2011).

A utilização deste resíduo na ensilagem da cana-de-açúcar poderá minimizar os transtornos provenientes das características intrínsecas da cultura em questão, por meio da elevação do teor de MS da silagem, além de contribuir para elevação do teor de PB o que é bastante favorável, tendo em vista o baixo teor deste nutriente na cana-de-açúcar. O farelo de mamona apresenta-se como um alimento concentrado protéico, correspondendo a 80% do teor de 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, 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) (Gardner et al., 1960; Moshkin, 1986).

Alimentos não convencionais, como farelo de mamona destoxificado, necessitam ser amplamente estudados na alimentação de ruminantes, uma vez que estes animais têm valioso papel nos sistemas agrícolas sustentáveis, pois são capazes de converter recursos naturais renováveis, como subprodutos agrícolas e agroindustriais, em alimentos de alta qualidade ao homem (Oltjen & Beckett, 1996), além de reduzir os custos com a dieta. Todavia, estudos devem ser realizados objetivando determinar as melhores formas de utilização desses subprodutos, uma vez que estes podem vir a representar eficiência do sistema produtivo.

Esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar o desempenho de cordeiros machos da raça Santa Inês alimentados com dietas contendo silagem de cana-de-açúcar ensilada com níveis crescentes de farelo de mamona.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório Experimental de Bovinos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, localizada no município de Itapetinga, BA. Foram utilizados 24 ovinos machos inteiros da raça Santa Inês em terminação, com peso corporal médio de 25,34 kg e em média 4 meses de idade. Posteriormente, os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e seis repetições, e mantidos em baias individuais, dotadas de comedouro e bebedouro, com área de 1,5 m².

Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de inclusão, 0, 7, 14 e 21% de farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar. Os animais foram submetidos a um período 87 dias de confinamento, sendo 15 para adaptação e 72 dias de período experimental.

Para a produção da silagem, foi utilizado cana-de-açúcar, a qual foi cortada manualmente. Logo após foi picado em partículas de aproximadamente 2 cm em máquina ensiladeira acoplada a um trator. O farelo de mamona utilizado foi adquirido de agroindústria da região metropolitana de Salvador-BA sendo este destoxificado previamente com a utilização de solução de cal (CaOH), 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. O tempo de secagem variou com as condições climáticas, sendo aproximadamente de 48 a 72 horas. O farelo de mamona destoxificado foi adicionado a cana-de-açúcar recém-picada nos níveis de 0, 7, 14 e 21 % com base na matéria natural (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição percentual das dietas experimentais, com base na matéria seca (MS)

Ingrediente (% MS)	Nível de farelo de mamona (% MN)			
	0	7	14	21
Silagem de cana-de-açúcar	60,0	55,8	51,6	47,4
Farelo de mamona	0,0	4,2	8,4	12,6
Farelo de soja	30,4	20,72	13,4	10,32
Grão de milho moído	8,4	18,08	25,4	28,48
Mistura mineral	1,2	1,2	1,2	1,2
Total	100	100	100	100

MN: matéria natural

A ensilagem foi realizada em tambores de metal, com volume de 200 L. Em cada silo foram colocados 150 kg da mistura fresca, em densidade de 750 kg/m³. Após o enchimento, os silos foram vedados com lona plástica pelo período de 60 dias.

As dietas foram formuladas com milho, farelo de soja e mistura mineral para serem isoprotéicas, e proporcionar ganhos de 200g/dia segundo NRC (2007) (Tabela 2) e compostas de 60% de silagem de cana-de-açúcar, com ou sem aditivos, e 40% de concentrado, com base na matéria seca, fornecidas duas vezes ao dia.

Tabela 2 - Composição química do farelo de mamona (FM), das silagens e das dietas experimentais, com base na matéria seca

Composição (%)	FM	Nível de farelo de mamona (%MN ³)			
		0	7	14	21
Constituintes dos alimentos (%)					
Matéria seca	91,8	20,9	28,7	32,9	37,0
Proteína bruta	38,8	2,2	10,4	15,2	18,5
Proteína insolúvel em detergente neutro (%PB)	10,2	0,6	2,8	4,0	5,0
Proteína insolúvel em detergente ácido (%PB)	4,0	0,8	2,3	2,6	3,1
Extrato etéreo ¹	1,8	2,8	2,8	2,7	2,4
Cinza ¹	14,1	4,4	6,7	8,4	9,3
Carboidratos totais ¹	43,9	90,6	80,1	73,7	69,8
Fibra em detergente neutro ¹	39,5	62,5	52,9	49,6	51,0
FDNcp ¹	30,1	59,7	47,7	40,1	40,7
Fibra em detergente ácido	29,3	46,7	40,2	38,7	39,8
Lignina ¹	7,0	5,9	6,43	7,06	7,79
Carboidratos não-fibrosos ¹	20,2	28,6	32,1	30,9	28,9
Nutrientes digestíveis totais estimados ²	60,7	63,7	62,4	60,6	58,7
Constituintes da dieta (%)					
Matéria seca	-	92,4	91,9	91,9	91,7
Proteína bruta ¹	-	17,9	18,8	18,8	18,9
Proteína insolúvel em detergente neutro (%PB)	-	1,7	2,9	3,8	4,2
Proteína insolúvel em detergente ácido (%PB)	-	1,5	2,4	2,5	2,9
Extrato etéreo ¹	-	2,5	2,6	2,6	2,4
Cinza ¹	-	5,7	6,6	7,4	8,0
Carboidratos totais ¹	-	81,6	78,9	77,9	77,5
Fibra em detergente neutro ¹	-	43,1	37,6	35,6	36,2
FDNcp ¹	-	41,4	34,5	29,9	30,1
Fibra em detergente ácido ¹	-	30,3	29,2	24,3	25,8
Lignina ¹	-	3,7	6,8	7,1	8,6
Carboidratos não-fibrosos ¹	-	39,1	44,3	46,3	47,2
Proteína insolúvel em detergente neutro (%PB)	-	1,7	2,9	3,8	4,2
Nutrientes digestíveis totais estimados ²	-	69,7	69,4	68,6	67,4

¹% MS; ²Estimado segundo o NRC (2001); MN: matéria natural.

Os animais foram pesados ao início e no final do experimento, com pesagens precedidas por jejum alimentar de 16 horas. O desempenho animal foi determinado pela diferença entre o peso corporal inicial (PCI) e o peso corporal final (PCF) dividido pelo período experimental em dias. A conversão alimentar (CA) foi determinada em função do consumo e do desempenho animal.

Na determinação da digestibilidade foi utilizada a LIPE[®] (lignina isolada, purificada e enriquecida do *Eucalyptus grandis*) como indicador, fornecida em cápsula

diretamente no esôfago do animal, a partir do 31º dia do período experimental, durante oito dias consecutivos, para estimar a produção fecal. A partir do quarto dia do fornecimento (34º dia do período experimental) foram coletadas amostras de fezes dos animais, diretamente da ampola retal, em horários alternados, sendo às 16 horas do 34º dia, às 14 horas do dia seguinte, às 12 horas do 36º dia, às 10 horas do 37º dia e às 8 horas do último dia de coleta. As fezes foram acondicionadas em recipientes de alumínio e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 60 °C, durante o período de 72 a 96 horas. Posteriormente foram moídas em moinho com peneira dotada de crivos de 1 mm, agrupadas de forma proporcional, com base no peso seco ao ar, constituindo-se amostras compostas de cada animal, e armazenadas para posteriores análises.

Uma parte de cada amostra composta (cerca de 10 g) de fezes foi enviada à Universidade Federal de Minas Gerais para análise da LIPE[®], a partir de dois métodos de leitura, conforme descrito por Saliba & Araújo (2005), de forma a se estimar, posteriormente, a produção de MS fecal dos animais.

Para estimativa do consumo voluntário de volumoso, foi utilizado o indicador interno FDN indigestível (FDNi), obtido após incubação ruminal por 240 horas (Casali et al., 2008), de 0,5 g de amostras de alimentos, sobras e fezes, utilizando sacos confeccionados com tecido não tecido (TNT) gramatura 100 (100 g.m²), 5 x 5 cm. O material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro, para determinação da FDNi.

O consumo de MS de volumoso foi calculado da seguinte forma:

$$CMS (kg/dia) = \frac{(EF \times CIV)}{CIV}$$

em que: EF = excreção fecal (kg/dia), obtida utilizando-se a LIPE®, CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg) e CIV = concentração do indicador no volumoso (kg/kg).

O consumo de MS de concentrado foi estimado com a utilização do indicador dióxido de titânio, o qual foi fornecido na quantidade de 5 g por animal, misturado ao concentrado, durante onze dias, a partir do 27 ° dia do período experimental. As fezes foram coletadas do 34° ao 38° dia, pré-secas, moídas e compostas, conforme relatado acima. A determinação da concentração de titânio foi feita por meio de digestão ácida, com ácido sulfúrico, a 400 °C, seguida da adição de água oxigenada 30%, transferência para balão volumétrico, completando o volume para 100 mL, e filtragem para obtenção da solução. A leitura foi efetuada em espectrofotômetro de absorção atômica, no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV.

As análises dos teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) nas amostras de alimento, sobras e fezes, foram realizadas segundo Silva & Queiroz (2002). O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado reduzindo-se o teor de cinzas do valor de MS.

Os carboidratos totais (CT) foram estimados segundo Sniffen et al. (1992), como: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinzas)$.

Os teores de carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp) foram calculados como proposto por Hall (2003), em que: $CNFcp = (100 - \%FDNcp - \%PB - \%EE - \%cinza)$.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Weiss (1999), mas utilizando FDN e CNF corrigindo para cinza e proteína, pela seguinte equação:

$$NDT (\%) = PBD + FDNcpD + CNFcpD + 2,25EED.$$

em que: PBD = PB digestível; FDNcpD= FDNcp digestível; CNFcpD= CNFcp digestíveis; e EED= EE digestível. Os teores de nutrientes digestíveis totais estimados (NDTest) dos alimentos e dietas totais, foram calculados conforme equações descritas pelo NRC (2001).

Os dados foram avaliados por meio de análises de variância e de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (SAEG, 2000). Os modelos estatísticos foram escolhidos de acordo com os coeficientes de determinação (r^2), e a significância observada dos coeficientes de regressão, por meio do teste F em nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os consumos de matéria seca (MS) (g/dia, %PC e $g/PC^{0,75}$), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), nutrientes digestíveis totais (NDT), carboidratos totais (CHOT), energia metabólica (EM) e energia digestível (ED) foram influenciados de forma quadrática positiva pelos níveis de inclusão do farelo de mamona (Tabela 3). Os consumos de fibra em detergente neutro (FDN) (g/dia, %PC e $g/PC^{0,75}$) e carboidratos não fibrosos (CNF) (g/dia) apresentaram resposta linear crescente ($P<0,05$).

Tabela 3 - Consumo de matéria seca (MS), fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDNcp), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), nutrientes digestíveis totais (NDT), carboidrato total (CT), carboidrato não fibroso (CNF), energia digestível (ED) e energia metabolizável (EM) de ovinos alimentados com rações contendo cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de farelo de mamona

Item	Nível de farelo de mamona (% MN)				CV (%)	Equação de regressão	Nível (%)	Max	R ²
	0	7	14	21					
MS (kg/dia)	0,629	1,077	1,320	1,338	5,9	$\hat{Y} = 0,6279 + 0,07998x - 0,00219x^2$	18,22	1,356	0,99
MS (%PC)	2,23	3,32	3,66	3,66	7,5	$\hat{Y} = 2,247475 + 0,1833x - 0,0055x^2$	16,43	3,75	0,99
MS (g/PC ^{0,75})	50,79	78,42	90,51	91,34	7,8	$\hat{Y} = 50,9989 + 4,7857x - 0,1369x^2$	17,47	92,79	0,99
CT (kg/dia)	0,546	0,876	1,015	1,081	5,3	$\hat{Y} = 0,5528 + 0,05328x - 0,00135x^2$	19,66	1,076	0,99
FDN (kg/dia)	0,312	0,377	0,478	0,471	6,4	$\hat{Y} = 0,3222 + 0,00846x$	-	-	0,88
FDN (%PC)	1,10	1,16	1,38	1,30	9,8	$\hat{Y} = 1,1128 + 0,0120x$	-	-	0,68
FDN (g/PC ^{0,75})	25,12	27,51	33,13	31,45	8,5	$\hat{Y} = 25,5548 + 0,3638x$	-	-	0,76
CNF (kg/dia)	0,131	0,361	0,414	0,480	5,8	$\hat{Y} = 0,1809 + 0,0159738x$	-	-	0,88
MO (kg/dia)	0,587	1,005	1,231	1,243	5,8	$\hat{Y} = 0,58653 + 0,07482x - 0,0020x^2$	18,07	1,262	0,99
PB (kg/dia)	0,131	0,233	0,282	0,259	6,2	$\hat{Y} = 0,13067 + 0,01951x - 0,0063x^2$	15,38	0,280	0,99
EE (kg/dia)	0,017	0,031	0,035	0,034	4,5	$\hat{Y} = 0,0177 + 0,00242x - 0,00008x^2$	15,38	0,036	0,99
NDT (kg/dia)	0,376	0,753	0,972	1,006	7,1	$\hat{Y} = 0,3750 + 0,06680x - 0,00174x^2$	19,14	1,014	0,99
ED (Mcal/dia)	1,47	3,20	4,05	4,26	14,8	$\hat{Y} = 1,4767 + 0,2954x - 0,0077x^2$	18,98	4,28	0,99
EM (Mcal/dia)	1,20	2,62	3,32	3,50	14,8	$\hat{Y} = 1,2109 + 0,2422x - 0,00638x^2$	18,98	3,51	0,99

Max = Ponto máximo estimado; MN: matéria natural

O consumo de MS máximo estimado foi de 1.356,51 kg/dia no nível de 18,22% de inclusão de farelo de mamona. Esse consumo encontra-se superior ao recomendado pelo NRC (2007), para ovinos desta categoria, que é de 1,0 kg de MS animal/dia. O aumento do consumo de MS, até o nível de 18% de inclusão de farelo de mamona, se deve, em parte, ao consumo de FDN, que apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), já que, com a inclusão do farelo de mamona, houve redução nos teores de FDN da dieta, apresentando valores de 44,2, 37,7, 37,3 e 36,4% de FDN, respectivamente nas silagens recebendo níveis de 0, 7, 14 e 21% de farelo de mamona (Tabela 2).

A inibição do consumo de MS a partir do nível de 18,22% de farelo de mamona pode estar relacionada ao consumo de FDN que neste nível de inclusão foi de 1,32% PC, valor superior ao recomendado pelo NRC de 1,2% PC. De acordo com a proposição de Mertens (1987), quando o consumo de FDN é superior a 12,0g/kg de PC, o consumo de alimentos é regulado pela repleção ruminal. Desta forma, seria esperado menor consumo de MS para os animais alimentados com as dietas com maiores teores de farelo de mamona.

O consumo de MS obtido neste trabalho encontra-se próximo aos de Oliveira et al. (2010), que utilizaram 15% de inclusão de farelo de mamona na dieta de ovinos e obtiveram consumo médio de 1.334 g/dia. Vieira (2009), utilizando níveis de substituição de 0, 50, 75 e 100% de farelo de soja por farelo de mamona, na dieta de ovinos, não encontraram diferença para o consumo de MS, apresentando consumo médio de 1.113,25g/dia. Esse valor fica entre os obtidos nos níveis 7 e 14% de inclusão.

O consumo de MS e, conseqüentemente dos outros nutrientes, dos animais que receberam a silagem de cana-de-açúcar sem adição de farelo de mamona (0% de inclusão), apresentou redução acentuada. Este fato deve-se provavelmente à fermentação alcoólica observada na silagem controle. Silagens de cana-de-açúcar são

caracterizadas pela extensa atividade de leveduras e presença de compostos voláteis, como etanol (Pedroso et al., 2005). Segundo Nussio et al. (2003), o etanol produzido resulta em grande perda energética da forragem, provocando rejeição de consumo pelo animal logo após a retirada do silo. Os resultados desta pesquisa estão de acordo com a afirmação supracitada, uma vez que a silagem controle apresentou menor teor de MS (Tabela 1) e, por conseguinte maior fermentação indesejáveis, o que acarretou nas reduções de consumo.

Os dados de consumo de MO apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), atingindo o consumo máximo de 1.262,52 g/dia no nível de 18,07% de substituição, efeito semelhante ao observado para o consumo de MS.

Os consumos de PB e EE apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$), com valores de ponto máximo de 280,72 e 36,34 g/dia, respectivamente, ao mesmo nível de 15,38% de farelo de mamona. Esse padrão de resposta reflete o observado para o consumo de MS. Apesar do farelo de mamona apresentar elevado teor de PB 38,7%, as dietas totais foram isoprotéicas e apresentaram valores semelhantes de EE. O NRC (2007) estabelece um consumo de 185g/dia de PB, consumo este atendido nas dietas com 7, 14 e 21% de inclusão de farelo de mamona (Tabela 3). Já o consumo máximo de EE estimado (36,34 g/dia) representa 2,6% da dieta total ingerida, valor abaixo do limite máximo estabelecido para ruminantes, que é de 6% da dieta, acima do qual induziria à diminuição da digestão da fibra devido à intoxicação dos microrganismos ruminais fibrolíticos (Van Soest, 1994).

Apesar das dietas apresentarem valores próximos de NDT, 69,67, 69,35, 68,57 e 67,41%, o consumo de NDT apresentou efeito quadrático com a inclusão de farelo de mamona apresentando valor máximo de 1,014 no nível de 19,14% de inclusão, o que foi influenciado pelo aumento observado no consumo de MS.

O consumo de CT foi influenciado de forma quadrática ($P < 0,05$), apresentando valores de 546,96, 876,97, 1.015,60 e 1.081,18 g/dia para os níveis 0, 7, 14 e 21% de

farelo de mamona, respectivamente. Esse comportamento reflete o observado em relação ao consumo de MS, que apresentou consumo máximo aos 18,22% de inclusão, semelhante ao dos CT, que foi ao nível de 19,66% de inclusão, sendo que os valores de CT das dietas foram próximos, 81,56, 78,94, 77,89 e 77,46% para os níveis testados, respectivamente.

A inclusão de farelo de mamona influenciou ($P < 0,05$) a ingestão de CNF, que apresentou comportamento linear crescente com valores de 131,57 e 480,64 g/dia para os níveis de 0 e 21% de inclusão de farelo de mamona. Esse padrão de resposta se deve ao aumento da concentração de CNF, das dietas de 39,07 para 47,24%, nos níveis de 0 e 21% farelo de mamona, respectivamente.

As exigências de energia digestível e energia metabolizável estabelecidas pelo NRC (2007) para ovinos são de 2,86 e 2,39 Mcal/dia. Apenas as dietas com inclusão de farelo de mamona (7, 14 e 21%) supriram a demanda energética. O nível 0% de inclusão apresentou consumo de ED e EM de 1,47 e 1,20 Mcal/dia respectivamente, valor muito inferior ao estabelecido pelo NRC (2007), sendo esse efeito justificado pelo baixo consumo de NDT neste nível.

Apenas o coeficiente de digestibilidade da FDN apresentou efeito linear crescente ($P < 0,05$), os demais nutrientes apresentaram efeito quadrático positivo ($P < 0,05$), com ponto máximo entre os níveis de 14,87 e 17,87% de inclusão (Tabela 4). Isso mostra que, embora a composição química do farelo de mamona (Tabela 2) apresente maior participação de compostos com menor taxa de degradação ruminal e com maior repleção ruminal, outros fatores, como a composição e arranjo da lignina, associados ao pequeno tamanho de partícula, já que o farelo de mamona usado neste experimento foi moído antes de ser submetido ao tratamento com CaOH para, posteriormente, ser adicionado na ensilagem, podem não ter afetado o acesso e a

aderência dos microrganismos ruminais à fração potencialmente digestível dos nutrientes, o que pode explicar os resultados encontrados neste experimento.

Tabela 4 - Coeficiente de digestibilidade (CD) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína (FDNcp), carboidrato total (CHOT) e carboidratos não fibrosos (CNF) de ovinos alimentados com rações contendo cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de farelo de mamona

CD (%)	Nível de farelo de mamona (% MN)				CV (%)	Equação de regressão	Nível (%)	Max	R ²
	0	7	14	21					
MS	54,6	70,6	76,2	76,1	4,4	$\hat{Y} = 54,8333 + 2,7232x - 0,0820x^2$	16,6	77,4	0,99
MO	63,3	77,3	81,8	82,2	3,7	$\hat{Y} = 63,5321 + 2,3356x - 0,0696x^2$	16,8	83,1	0,99
PB	69,8	79,0	82,7	83,5	3,3	$\hat{Y} = 69,8853 + 0,1552x - 0,4342x^2$	17,9	83,7	1,00
EE	74,8	87,2	89,9	89,2	5,1	$\hat{Y} = 75,0712 + 2,0682x - 0,0672x^2$	15,4	90,9	0,99
FDN	47,0	51,9	60,5	62,0	5,9	$\hat{Y} = 47,2507 + 0,7788x$	-	-	0,94
CHOT	61,3	72,8	78,2	78,7	3,7	$\hat{Y} = 61,3444 + 2,0008x - 0,0560x^2$	17,8	79,2	0,99
CNF	69,9	89,3	92,1	90,8	4,7	$\hat{Y} = 70,4739 + 3,1707x - 0,1066x^2$	14,9	94,0	0,98

Max = ponto de máxima estimado; MN: matéria natural

Os coeficientes de digestibilidade da MS e MO foram influenciados de forma quadrática ($P < 0,05$), apresentando ponto máximo de 77,44 e 83,10% de digestibilidade nos níveis de 16,60 e 16,76 respectivamente. Esses valores são semelhantes ao encontrados por Oliveira et al. (2010), os quais, utilizando ovinos da raça Santa Inês recebendo dietas compostas de feno de tifton com inclusão de 15% de farelo de mamona no concentrado, obtiveram valores de digestibilidade da MS e MO de 70,94 e 73,17%.

Segundo Detmann et al. (2008), o coeficiente de digestibilidade efetiva do alimento é determinado pelas características intrínsecas do mesmo (potencialidade) e pela capacidade de atuação dos sistemas enzimáticos microbiano e animal. Sendo assim a adição de farelo de mamona aumentou a disponibilidade de nutrientes, aumentando a capacidade de degradação dos compostos nitrogenados (N) disponíveis pelos sistemas enzimáticos microbianos. Aumentou-se, dessa forma, a conversão de N dietético em N microbiano, reduzindo perdas fecais de N e, conseqüentemente, melhorando o CDPB,

que, neste experimento, apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$), com digestibilidade máxima estimada de 83,75% para o nível de 17,87% de inclusão, valor superior em 20,07% ao tratamento controle (0%).

O efeito quadrático ($P < 0,05$) para o CDEE ocorreu em função de haver um padrão de resposta idêntico ao observado com o consumo de EE, já que estes apresentaram o ponto máximo ao mesmo nível de inclusão de 15,3%. O maior consumo de EE disponibiliza maior teor deste nutriente passível de digestão. Oliveira et al. (2010) constatou elevação no CDEE quando da inclusão de farelo e torta de mamona nas dietas avaliadas, justificando, que respeitando os limites de EE na dieta (6% com base na MS), o ácido graxo ricinoléico que tem característica laxante e está presente na mamona, não se constitui em impedimento para uso da torta ou farelo de mamona na alimentação de ruminantes.

Os valores referentes ao CDFDN foram influenciado de forma linear crescente ($P < 0,05$) pela inclusão de farelo de mamona, elevando 0,77 unidade percentual para cada unidade de farelo de mamona adicionada. Esse resultado era esperado, uma vez que, com a redução da participação da cana-de-açúcar na dieta ocorreu uma melhoria nos valores de FDN, uma vez que o farelo de mamona apresenta menores valores de FDN comparado à silagem de cana (Tabela 1).

Observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de inclusão de farelo de mamona sobre o CDCT, apresentando digestibilidade máxima de 79,20% ao nível de 17,85% de inclusão. Esse efeito pode ser explicado pela redução da concentração de CT na dieta com a adição do farelo de mamona.

Efeito semelhante também foi observado para o CDCNF, que também apresentou efeito quadrático ($P < 0,05$) apresentando valor máximo de digestibilidade de 94,05% ao nível de 14,87% de inclusão. Os valores de concentração de CNF nas dietas

(entre 39,07 e 47,24%) mantiveram-se dentro da faixa recomendada por Hall (2003), que sugeriu níveis entre 35 e 45% de CNF nas dietas para evitar distúrbios metabólicos, como acidose ruminal.

O ganho médio diário (GMD) e total (GT) apresentaram efeito quadrático ($P < 0,05$) dos níveis de farelo de mamona, apresentando ponto de máxima de 241,64 g/dia e 18,12 kg ao nível de 16,2% de inclusão (Tabela 5). O ganho de peso dos animais que receberam a silagem controle (0%), 92 g/dia, encontra-se abaixo dos valores estabelecidos para ganho nesta pesquisa de 200 g/dia. Esse fato pode ser justificado pelo baixo consumo de MS observado para este nível, fato este decorrente possivelmente da alta fermentação alcoólica observada para as silagens controle, o que por sua vez propiciou maiores perdas de MS que segundo McDonald et al. (1991) podem representar perdas de aproximadamente 49% de matéria seca e 0,2% de energia, nesse sentido esta silagem não foi capaz de suprir as exigências protéicas e energéticas dos animais, conforme discutido anteriormente.

Em contrapartida os níveis de inclusão de 7, 14 e 21% do farelo de mamona foram capazes de promover ganhos próximos com as dietas com 7% de inclusão e superiores ao pré-estabelecido nas dietas que apresentavam inclusão de 14 e 21% de farelo de mamona. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos por Candido et al. (2008) que avaliou quatro níveis de substituição (0, 50, 75 e 100%) do farelo de soja por farelo de mamona destoxificado em rações para borregos, utilizando como volumoso feno de capim-elefante. Não encontraram diferença no GMD, apresentando valor médio de 192 g/dia.

Tabela 5 – Peso corporal inicial (PCI), peso corporal final (PCF), ganho médio diário (GMD), ganho de peso total (GT), expresso em kg e conversão alimentar (CA) em kg de MS/kg GMD de ovinos alimentados com rações contendo cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de farelo de mamona

Item	Nível de farelo de mamona (% MN)				CV (%)	Equação de regressão	r ²	FM (%)	Max
	0	7	14	21					
PCI	24,5	25,6	25,8	25,3	14,2	$\hat{Y} = 25,34$	-	-	-
PCF	31,1	39,5	42,5	42,6	10,6	$\hat{Y} = 33,2627 + 0,5526x$	0,80	-	-
GMD	92,0	197,2	234,1	230,4	8,6	$\hat{Y} = 94,903 + 18,116x - 0,5595x^2$	1,00	16,2	241,6
GPT	6,9	14,8	16,72	16,6	8,6	$\hat{Y} = 6,9890 + 1,3747x - 0,0424x^2$	0,90	16,1	18,2
CA	6,7	5,3	5,46	5,9	10,3	$\hat{Y} = 6,7147 - 0,2333x + 0,0094x^2$	0,95	12,3	5,2

Max = ponto máximo estimado; MN: matéria natural; FM = porcentagem de farelo de mamona no ponto de máxima

A inclusão de farelo de mamona influenciou a conversão alimentar de forma quadrática ($P < 0,05$), apresentando ponto de mínima estimado de 5,27 kg de MS ingerido para cada kg de ganho, no nível de 12% de inclusão. Esse valor encontrado é inferior ao recomendado pelo NRC (2007) para ovinos desta categoria, a qual varia entre 5,50 e 5,87 g CMS/g GMD, mostrando melhor desempenho destes animais.

Conclusão

O farelo de mamona destoxificado representa um promissor ingrediente para ser utilizado em dietas para ovinos, dessa forma a inclusão de 16% de farelo de mamona na ensilagem da cana-de-açúcar resulta em aumento no consumo e digestibilidade dos nutrientes com satisfatório desempenho dos ovinos da raça Santa Inês.

Referências Bibliográficas

- 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.
- ÁVILA, F.; FRANCISCO, D.; RIBEIRO, N.M.; Métodos para desintoxicação de tortas de oliaginosas. Disponível em : www.biodiesel.gov.br. Acessado em 20/01/2011.
- CÂNDIDO, M.J.D.; VIEIRA, M.M.M.; BOMFIM, M.A.D. et al. Consumo e desempenho de ovinos alimentados com dietas contendo quatro níveis de farelo de mamona In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOTECNIA, 45., 2008, Lavras. **Anais...** Lavras, 2008. CD-ROM.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- 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.
- 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.
- HALL, M. B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, p. 3226–3232, 2003.
- IBGE, “Levantamento sistemático da produção agrícola”, www.ibge.gov.br (26/03/2011).
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage. 2nd ed. Merlow: Chalcomb Publications, 1991. 340 p.
- MERTENS, D. R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal Animal Science**, Savoy, v.64, n.6, p.1548-1558, 1987.
- MOREIRA, J.F.C., RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C. et al. Concentrados proteicos 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.

- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Small Ruminants: sheep, goats, cervides, and world camelides.** National Academic Press. 384p. 2007.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle.** 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001. 450p.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; PEDROSO, A.F. Silagem de cana-de-açúcar. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM: PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTAGENS, 20. 2003, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2003. p. 187-205.
- 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., CAMPOS, J. M. S., OLIVEIRA, M. R. C., et al. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castorseed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology**, v. 158, p.15–28, 2010.
- OLTJEN, J.W.; BECKETT, J.L. Role of ruminant in sustainable agricultural systems. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, n.6, p.1406-1409, 1996.
- PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R M.; PACKER, I.U.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agricola**, v.62, n.5, p.427-432, 2005.
- SALIBA, E.O.S.; ARAÚJO, V.L. **I teleconferência sobre o uso de indicadores em nutrição animal.** UFMG, 45p, 2005.
- SANTOS, M.C. Aditivos químicos para o tratamento da cana-de-açúcar in natura e ensilada (*Saccharum officinarum L.*). 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- SEVERINO, L.S. **O que sabemos sobre a torta de mamona.** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005. (Embrapa Algodão. Documentos, 136).
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.* 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SNIFFEN, C.J., OCONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating caule diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- UNIVERSIDADE FERDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – Sistema de análise estatística e genética. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. New York: Cornell University Press, 1994. 476p.

VIEIRA, M.M.M. **Desempenho bioeconômico de ovinos alimentados com rações contendo farelo de mamona destoxificado**. 2009. 85f. (Dissertação de Mestrado em Zootecnia - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE, 2009).

WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, 1999, *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

CAPÍTULO 3

Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivadas com farelo de mamona destoxificado

RESUMO – O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o comportamento ingestivo de ovinos da raça Santa Inês recebendo dietas com diferentes níveis de farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar. Foram utilizados 24 ovinos, com peso corporal médio de 25,34 kg e quatro meses de idade. Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de inclusão 0, 7, 14 e 21%, de farelo de mamona destoxificado na ensilagem de cana-de-açúcar. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições. O consumo de matéria seca (MS) foi influenciado de forma quadrática enquanto o consumo de fibra em detergente neutro (FDN), o tempo em minutos despendido nas atividades de alimentação e a eficiência de alimentação e ruminação (g MS e FDN/hora) apresentaram comportamento linear crescente com a inclusão de farelo de mamona na ensilagem. No entanto, o tempo em minutos despendido na atividade de ócio, apresentou resposta linear decrescente. As variáveis tempo gasto na atividade de ruminação, número de bolo por dia e número de mastigações por dia e por bolo não foram afetadas pelos níveis de inclusão de farelo de mamona. A inclusão de farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar promove melhoria na eficiência de alimentação e ruminação de ovinos Santa Inês.

Palavras-chave: eficiência de alimentação, eficiência de ruminação, etologia, ingestão, mastigação

Ingestive behaviour of sheep fed as silage sugar cane additive white destoxified castor bean meal

ABSTRACT – The experiment was conducted to evaluate the ingestive behavior of sheep Santa Inês fed diets with different levels of castor bean meal in ensiling of sugar cane. The treatments were four levels inclusion 0, 7, 14 and 21% of castor bean meal in the ensiling of sugar cane. Twenty-four sheep with 25,34 kg of initial body weight (BW) mean and four months old were used, distributed in a completely randomized design with four treatments and six replications. The intake was quadratic affected while the NDF intake, time in minutes expended in feeding activities, the efficiency of feeding and ruminating (g DM and NDF / hour) linearly increased with the inclusion of castor bean meal in ensilage the sugar cane, but the time in minutes expended in idle decreased linearly. The variables time expended in ruminating activity, number of bolus per day and number of chewing per day and bolus, were not affected by inclusion levels of castor bean meal. The addition of castor bean meal in the ensiling of sugar cane promotes improvement in the efficiency of feeding and rumination in Santa Ines sheep.

Key words: rumination, intake, ethology, feeding efficiency, rumination efficiency, mastication

Introdução

Em sistemas de produção intensiva de pequenos ruminantes a utilização de confinamentos para a terminação de ovinos possibilita o fornecimento de dietas de melhor qualidade, o que reduz o tempo para os animais atingirem o peso de abate, permitindo a produção de animais precoces com menor quantidade de gordura na carcaça, atendendo as exigências do mercado consumidor.

A cana-de-açúcar apresenta alta produtividade por área, baixo custo por unidade de matéria seca e período de corte coincidindo com o período de escassez de forragens, representando, assim, estratégia interessante de suplementação (Muraro et al., 2009). Isso atualmente, tem despertado, por parte de pesquisadores e produtores, interesse em conservar esse volumoso, em virtude dos benefícios em logística e operacionalidade que esta técnica apresenta.

Em contrapartida, diante da constatação da inferioridade nutritiva da cana-de-açúcar ensilada sem aditivos, por diversos pesquisadores, recomenda-se a utilização dos mesmos para promover uma silagem de melhor qualidade. Dentre os diversos aditivos potencialmente utilizáveis, o farelo de mamona surge como uma alternativa promissora, uma vez que ao elevarem os teores de MS e corrigir o teor de proteína, poderá favorecer o perfil fermentativo e o valor nutricional deste volumoso.

Alimentos não convencionais, como farelo de mamona destoxificado, necessitam ser amplamente estudados na alimentação de ruminantes, uma vez que estes animais são capazes de converter recursos naturais renováveis, como subprodutos agrícolas e agroindustriais, em alimentos de alta qualidade ao homem (Oltjen & Beckett, 1996), além de reduzir os custos com a dieta. Porém, existem características inerentes a esses alimentos que podem interferir nos aspectos comportamentais dos animais.

Segundo Macedo et al. (2007) para se avaliar e entender completamente a ingestão de alimentos pelos ruminantes, é fundamental estudar, de forma individual, seus constituintes, para entender como são as respostas dos animais frente às interações entre animal e dietas, sempre com o objetivo de elevar o consumo de MS. Sendo assim, a avaliação do comportamento ingestivo poderá criar mecanismos que serão utilizados como ferramenta de auxílio para compreender como essas interações exercem influência sobre a ingestão.

O trabalho teve por objetivo avaliar o comportamento ingestivo de ovinos Santa Inês alimentados com dietas com diferentes níveis de farelo de mamona destoxificado na silagem de cana-de-açúcar.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório Experimental de Bovinos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, localizada no município de Itapetinga, BA. Foram utilizados 24 ovinos machos inteiros Santa Inês em terminação, com peso corporal 25,34 kg e quatro meses de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e seis repetições, e mantidos em baias individuais, dotadas de comedouro e bebedouro, e área de 1,5 m².

Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de inclusão, 0, 7, 14 e 21% de farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar. Os animais foram submetidos a um período 87 dias de confinamento, sendo 15 para adaptação e 72 dias de período experimental.

Para produção da silagem, foi utilizada cana-de-açúcar, que foi colhida manualmente. Logo após o corte a cana foi picada em partículas de, aproximadamente, 2 cm, em máquina ensiladeira acoplada a trator. O farelo de mamona utilizado foi

adquirido de agroindústria da região metropolitana de Salvador-BA sendo este destoxificado previamente com a utilização de solução de cal Ca(OH)_2 , 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. O tempo de secagem variou com as condições climáticas, sendo aproximadamente de 48 a 72 hora. O farelo de mamona foi adicionado a cana-de-açúcar recém-picada nos níveis de 0, 7, 14 e 21 % com base na matéria natural (Tabela 1). Os silos utilizados foram tambores de metal, com volume de 200 L, nos quais foram colocados 150 kg da mistura fresca, em densidade de 750 kg/m^3 . Após o enchimento, os silos foram vedados com lona plástica pelo período de 60 dias.

Tabela 1 - Composição percentual das dietas experimentais, com base na matéria seca (MS)

Ingrediente (% MS)	Nível de farelo de mamona (% MN)			
	0	7	14	21
Silagem de cana-de-açúcar	60,0	55,8	51,6	47,4
Farelo de mamona	0,0	4,2	8,4	12,6
Farelo de soja	30,4	20,72	13,4	10,32
Grão de milho moído	8,4	18,08	25,4	28,48
Mistura mineral	1,2	1,2	1,2	1,2
Total	100	100	100	100

MN: matéria natural

As dietas foram formuladas com milho, farelo de soja e mistura mineral, para serem isoprotéicas (Tabela 2) e compostas de 60% de silagem de cana-de-açúcar, com ou sem aditivos, e 40% de concentrado, com base na matéria seca, fornecidas duas vezes ao dia.

Tabela 2 - Composição química do farelo de mamona (FM), das silagens e das dietas experimentais, com base na matéria seca

Composição (%)	FM	Nível de farelo de mamona (%MN ³)			
		0	7	14	21
Constituintes dos alimentos (%)					
Matéria seca	91,8	20,9	28,7	32,9	37,0
Proteína bruta	38,8	2,2	10,4	15,2	18,5
Proteína insolúvel em detergente neutro (%PB)	10,2	0,6	2,8	4,0	5,0
Proteína insolúvel em detergente ácido (%PB)	4,0	0,8	2,3	2,6	3,1
Extrato etéreo ¹	1,8	2,8	2,8	2,7	2,4
Cinza ¹	14,1	4,4	6,7	8,4	9,3
Carboidratos totais ¹	43,9	90,6	80,1	73,7	69,8
Fibra em detergente neutro ¹	39,5	62,5	52,9	49,6	51,0
FDNcp ¹	30,1	59,7	47,7	40,1	40,7
Fibra em detergente ácido	29,3	46,7	40,2	38,7	39,8
Lignina ¹	7,0	5,9	6,43	7,06	7,79
Carboidratos não-fibrosos ¹	20,2	28,6	32,1	30,9	28,9
Nutrientes digestíveis totais estimados ²	60,7	63,7	62,4	60,6	58,7
Constituintes da dieta (%)					
Matéria seca	-	92,4	91,9	91,9	91,7
Proteína bruta ¹	-	17,9	18,8	18,8	18,9
Proteína insolúvel em detergente neutro (%PB)	-	1,7	2,9	3,8	4,2
Proteína insolúvel em detergente ácido (%PB)	-	1,5	2,4	2,5	2,9
Extrato etéreo ¹	-	2,5	2,6	2,6	2,4
Cinza ¹	-	5,7	6,6	7,4	8,0
Carboidratos totais ¹	-	81,6	78,9	77,9	77,5
Fibra em detergente neutro ¹	-	43,1	37,6	35,6	36,2
FDNcp ¹	-	41,4	34,5	29,9	30,1
Fibra em detergente ácido ¹	-	30,3	29,2	24,3	25,8
Lignina ¹	-	3,7	6,8	7,1	8,6
Carboidratos não-fibrosos ¹	-	39,1	44,3	46,3	47,2
Proteína insolúvel em detergente neutro (%PB)	-	1,7	2,9	3,8	4,2
Nutrientes digestíveis totais estimados ²	-	69,7	69,4	68,6	67,4

¹% MS; ²Estimado segundo o NRC (2001); MN: matéria natural.

Para estimativa do consumo voluntário de volumoso, foi utilizado o indicador interno FDN indigestível (FDNi), obtido após incubação ruminal por 240 horas (Casali et al., 2008), de 0,5 g de amostras de alimentos, sobras e fezes, utilizando sacos confeccionados com tecido não tecido (TNT) gramatura 100 (100 g.m²), 5 x 5 cm. O material remanescente da incubação foi submetido à extração com detergente neutro, para determinação da FDNi.

O consumo de MS de volumoso foi calculado da seguinte forma:

$$CMS \text{ (kg/dia)} = \frac{(EF \times CIF)}{CIV}$$

em que: EF = excreção fecal (kg/dia), obtida utilizando-se a LIPE®, CIF = concentração do indicador nas fezes (kg/kg) e CIV = concentração do indicador no volumoso (kg/kg).

O consumo de MS de concentrado foi estimado com a utilização do indicador dióxido de titânio, o qual foi fornecido na quantidade de 5 g por animal, misturado ao concentrado, durante onze dias, a partir do 27 ° dia do período experimental. As fezes foram coletadas do 34° ao 38° dia, pré-secas, moídas e compostas, conforme relatado acima. A determinação da concentração de titânio foi feita por meio de digestão ácida, com ácido sulfúrico, a 400 °C, seguida da adição de água oxigenada 30%, transferência para balão volumétrico, completando o volume para 100 mL, e filtragem para obtenção da solução. A leitura foi efetuada em espectrofotômetro de absorção atômica, no Laboratório de Nutrição Animal do DZO/UFV.

As análises dos teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) nas amostras de alimento, sobras e fezes, foram realizadas segundo Silva & Queiroz (2002). O teor de matéria orgânica (MO) foi estimado reduzindo-se o teor de cinzas do valor de MS.

Os carboidratos totais (CT) foram estimados segundo Sniffen et al. (1992), como: $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%cinza)$.

Os teores de carboidratos não-fibrosos corrigidos para cinzas e proteína (CNFcp) foram calculados como proposto por Hall (2003), em que: $CNFcp = (100 - \%FDNcp - \%PB - \%EE - \%cinza)$.

Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram calculados segundo Weiss (1999), mas utilizando FDN e CNF corrigindo para cinza e proteína, pela seguinte equação:

$$\text{NDT (\%)} = \text{PBD} + \text{FDNcpD} + \text{CNFcpD} + 2,25\text{EED}.$$

em que: PBD = PB digestível; FDNcpD= FDNcp digestível; CNFcpD= CNFcp digestíveis; e EED= EE digestível. Os teores de nutrientes digestíveis totais estimados (NDTest) dos alimentos e dietas totais, foram calculados conforme equações descritas pelo NRC (2001).

As observações referentes ao comportamento animal foram realizadas de forma visual, durante dois períodos de 24 horas, a intervalos de 5 minutos.

As variáveis comportamentais observadas e registradas foram: ócio, ruminação e tempo gasto com alimentação, sendo que os tempos de alimentação e ruminação ainda foram calculados em função do consumo de MS e FDN (min/kg MS ou FDN).

Foram realizadas a contagem do número de mastigações meréricas e a determinação do tempo despendido na ruminação de cada bolo ruminal, para cada animal, com a utilização de cronômetro digital. Para obtenção das médias das mastigações e do tempo, foram feitas as observações de três bolos ruminais em três períodos diferentes do dia (09-12, 15-18 e 19-21 horas). Para obtenção do número de bolos diários, procedeu-se à divisão do tempo total de ruminação pelo tempo médio gasto na ruminação de cada bolo, descrito anteriormente segundo Burguer et al., (2000). Durante a observação noturna dos animais, o ambiente foi mantido com iluminação artificial.

A discretização das séries temporais foi feita diretamente nas planilhas de coleta de dados, com a contagem dos períodos discretos de alimentação, ruminação e ócio. A duração média de cada um dos períodos discretos foi obtida pela divisão dos tempos

diários de cada uma das atividades pelo número de períodos discretos Silva et al. (2006).

As variáveis g de MS e FDN/refeição foram obtidas dividindo-se o consumo médio individual de cada fração pelo número de períodos de alimentação por dia (em 24 horas). A eficiência de alimentação e ruminação, expressa em g MS/hora e g FDN/hora, foi obtida pela divisão do consumo médio diário de MS e FDN pelo tempo total despendido em alimentação e/ou ruminação em 24 horas, respectivamente. As variáveis g de MS e FDN/bolo foram obtidas dividindo-se o consumo médio individual de cada fração pelo número de bolos ruminados por dia (em 24 horas).

Os dados foram avaliados por meio de análises de variância e de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (SAEG, 2000). Os modelos estatísticos foram escolhidos de acordo com os coeficientes de determinação (r^2), e a significância observada dos coeficientes de regressão, por meio do teste F em nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

O consumo de MS foi influenciado de forma quadrática ($P < 0,05$) enquanto o consumo de FDN foi linear crescente ($P < 0,05$) para os níveis de inclusão do farelo de mamona na silagem (Tabela 3). Esse fato influenciou de forma direta o tempo em minutos despendido nas atividades de alimentação e ócio ($P < 0,05$), as quais apresentaram resposta linear positiva e negativa, respectivamente em função dos níveis de inclusão, indicando que a inclusão de farelo de mamona na silagem faz com que os animais reduzam o tempo na atividade de alimentação e aumentem o tempo em ócio. Isso pode ser justificado, possivelmente, pela redução do tamanho de partícula do alimento com a inclusão do farelo de mamona, já que este apresenta tamanho de

partícula inferior ao da cana-de-açúcar picada, reduzindo assim o tempo despendido na alimentação e proporcionando aumento no consumo de MS até o nível máximo de 18,22% (Tabela 3). Animais recebendo maiores níveis de farelo de mamona necessitam de menos tempo de alimentação para ingerir maiores quantidades de MS. Isto é confirmado pelos tempos gastos em minutos para ingerir 1 kg de MS, que foi influenciado ($P < 0,05$) pela inclusão de farelo de mamona, apresentando reduções de 16 minutos para cada unidade de farelo de mamona adicionado.

Tabela 3 – Consumo de matéria seca (CMS) e fibra em detergente neutro (CFDN) e tempos despendidos nas atividades de alimentação, ruminação e ócio de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar acrescida de farelo de mamona destoxificado

Item	Nível de farelo de mamona (% MN)				Equação de regressão	CV (%)	R ²
	0	7	14	21			
	Consumo						
CMS ¹	0,629	1,077	1,320	1,338	$\hat{Y} = 0,6279 + 0,07998x - 0,00219x^2$	5,9	0,99
CFDN ¹	0,312	0,377	0,478	0,471	$\hat{Y} = 0,3222 + 0,00846x$	6,4	0,88
	Minutos/dia						
Alimentação	325,0	281,0	255,9	227,8	$\hat{Y} = 319,596 - 4,51222x$	16,1	0,98
Ruminação	532,2	540,5	533,6	525,7	$\hat{Y} = 533,02$	10,0	-
Ócio	582,8	618,0	650,5	686,5	$\hat{Y} = 582,915 + 4,90116X$	9,3	0,99
	Minutos/kg MS						
Alimentação	531,2	268,1	201,8	179,4	$\hat{Y} = 459,191 - 16,0077x$	16,2	0,83
Ruminação	873,1	511,1	427,3	417,5	$\hat{Y} = 768,772 - 20,7106x$	17,5	0,93
	Minutos/kg FDN						
Alimentação	1074,9	765,1	551,7	521,1	$\hat{Y} = 1005,44 - 269,436x$	17,1	0,90
Ruminação	1764,9	1458,5	1169,7	1213,0	$\hat{Y} = 1688,95 - 28,1219x$	15,7	0,86

¹ kg/ dia, MS: matéria seca; FDN: fibra em detergente neutro; mn: matéria natural.

O tempo gasto na atividade de ruminação não foi influenciado ($P > 0,05$) pelos níveis de inclusão de farelo de mamona, o qual apresentou valor médio de 533,02 minutos. Este valor é próximo aos 519,6 minutos registrados por Schmidt et al. (2007), os quais testaram diferentes tipos de aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. Apesar da inclusão de farelo de mamona reduzir o valor de FDN das silagens, ocorreu uma compensação devido ao alto consumo de MS, o que promoveu

aumento do consumo de FDN. Porém, esse aumento de 0,008 unidades percentuais de FDN, não foi capaz de provocar diferenças nos tempos de ruminação.

A atividade de alimentação, expressa em min/kg MS e FDN, apresentou efeito linear decrescente ($P < 0,05$) com a inclusão de farelo de mamona, apresentando redução de 16 e 269,43 unidades percentuais do tempo para ingerir 1 kg de MS e FDN, respectivamente. A redução nos tempos gastos para o consumo de MS e FDN com a inclusão do farelo de mamona, pode ser justificada pelo aumento nos teores de carboidratos de rápida degradação com a inclusão de farelo de mamona, reduzindo o tempo necessário para os animais ingerirem a mesma quantidade de nutriente.

Os tempos de ruminação (minutos/kg de MS e FDN) apresentaram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) com a inclusão de farelo de mamona, os quais apresentaram redução de 20,71 e 28,12 minutos, por kg de MS e FDN, respectivamente, para cada um ponto percentual de farelo de mamona adicionado. Dessa forma comprova-se que a adição de farelo de mamona proporciona redução no tempo de ruminação para cada kg de MS e FDN ingerido. Esse comportamento pode ser justificado como discutido anteriormente, pelo aumento do teor de CNF das dietas com a inclusão de farelo de mamona, o qual apresentou valores de 39,07 e 47,24% (Tabela 2), respectivamente, para os níveis 0 e 21% de inclusão, respectivamente.

A inclusão de farelo de mamona não alterou ($P > 0,05$) o número de bolos ruminados por dia, o número de mastigações por dia e por bolo, apresentando valores médios de 907,18, 50.898,12 e 58,91, respectivamente (Tabela 4). O tempo de mastigação gasto por cada bolo ruminado foi influenciado de forma quadrática ($P < 0,05$) pela inclusão de farelo de mamona, tendo apresentado ponto mínimo de 33,34 segundos/bolo com 11,90% de farelo de mamona. Esse fato mostra que apesar dos animais apresentarem o mesmo número de mastigações por bolo (58,9), eles foram

capazes de alterar o tempo que esse bolo permaneceu na boca. Esse comportamento pode ser justificado pela redução do tamanho da partícula, com a inclusão do farelo de mamona na dieta.

Tabela 4 – Quantidade de bolos ruminados/dia (Bolos/dia), tempo gasto/bolo (Tempo/bolo), número de mastigações/bolo ruminado (MBR) e número de mastigações/dia de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar acrescida de farelo de mamona destoxificado

Atividade	Nível de farelo de mamona (%MN)				Equação de regressão	CV (%)	r ²
	0	7	14	21			
Bolos/dia	758,4	1089,8	926,3	854,0	$\hat{Y} = 907,18$	28,0	-
Tempo/bolo (seg)	42,81	32,6	35,6	37,5	$\hat{Y} = 42,0044 - 1,44582x + 0,06063x^2$	17,4	0,80
Mastigações/bolo	63,5	53,8	57,3	61,0	$\hat{Y} = 58,91$	19,8	-
Mastigações/dia	47719	53995	51503	50727	$\hat{Y} = 50898,12$	12,4	-

MN: matéria natural

O número de bolos ruminados e o número de mastigações por dia apresentaram valores médios de 907,18 bolos e 50898,12 mastigações, respectivamente. Esses valores foram superiores aos obtidos por Pires et al. (2009), que apresentaram médias de 613,4 bolos e 44803,5 mastigações. Essas diferenças possivelmente ocorreram devido à diferença nos teor de FDN das dietas experimentais, já que estes autores utilizaram dietas nas quais o volumoso foi a silagem de capim elefante.

Os períodos de alimentação, ruminação e ócio não diferiram ($P > 0,05$) com a inclusão dos níveis de farelo de mamona, apresentando valores médios de 19,0, 21,66 e 35,76 períodos, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 5 – Valores médios do número de períodos de alimentação (NPA), ruminação (NPR) e ócio (NPO), juntamente com o tempo de duração (minutos) dos períodos de alimentação (TPA), ruminação (TPR) e ócio (TPO) de ovinos alimentados com silagem de cana-de-açúcar acrescida de farelo de mamona destoxificado

Item	Nível de farelo de mamona (% MN)				Equação de regressão	CV (%)	r ²
	0	7	14	21			
NPA	20,22	20,30	17,64	17,86	$\hat{Y} = 19,00$	18,0	-
NPR	21,00	21,20	22,73	21,71	$\hat{Y} = 21,66$	21,2	-
NPO	34,56	35,70	36,36	36,43	$\hat{Y} = 35,76$	13,3	-
TPA (min)	16,95	14,06	14,77	13,04	$\hat{Y} = 14,70$	24,8	-
TPR (min)	26,79	26,05	24,08	24,97	$\hat{Y} = 25,47$	19,9	-
TPO (min)	17,19	17,48	18,17	19,04	$\hat{Y} = 17,97$	14,8	-

MN : matéria natural

Esse comportamento foi semelhante ao observado por Carvalho et al. (2006), Carvalho et al. (2008) e Pires et al. (2009), os quais, trabalhando com ovinos, não encontraram diferenças na quantidade de períodos de alimentação, ruminação e ócio. Apesar do tempo de cada período ser obtido pela divisão do tempo total, obtido em 24 horas de observação, pelo número de períodos, as diferenças encontradas nos tempos gastos nas atividades de alimentação e ócio não foram capazes de influenciar de forma significativa ($P>0,05$) os tempos por períodos, os quais apresentaram médias de 14,70 e 17,97 minutos, respectivamente.

A ingestão de MS e FDN (g/refeição) apresentaram efeito linear crescente ($P<0,05$) com a inclusão de farelo de mamona (Tabela 6), o que já era esperado uma vez que os animais não apresentaram diferenças nas quantidades de refeições, apresentando valor médio de 19,00 (Tabela 5), além de elevarem o consumo de MS e FDN com a inclusão do farelo de mamona.

Tabela 6 – Ingestão de matéria seca e fibra em detergente neutro (gramas/refeição), eficiência de alimentação e ruminação (g MS e FDN/hora) e ruminação (g de MS e FDN/bolo) de ovinos recebendo silagem de cana-de-açúcar acrescida de farelo de mamona

Item	Nível de farelo de mamona (%MN)				Equação de regressão	CV (%)	R ²
	0	7	14	21			
Ingestão							
g MS/refeição	32,33	54,42	73,25	72,83	$\hat{Y} = 37,4469 + 2,02399x$	20,7	0,87
g FDN/refeição	16,03	19,05	26,81	25,05	$\hat{Y} = 16,5365 + 0,509118x$	21,8	0,78
Eficiência de alimentação							
g MS/hora	114,2	232,9	307,4	340,9	$\hat{Y} = 137,035 + 10,8074x$	18,0	0,99
g FDN/hora	56,6	81,5	112,3	116,7	$\hat{Y} = 60,3533 + 3,04605x$	17,5	0,98
Eficiência de ruminação							
g MS/hora	69,69	119,14	142,67	148,71	$\hat{Y} = 33,6733 + 1,76430x$	15,6	0,87
g FDN/hora	34,5	41,7	52,1	51,1	$\hat{Y} = 36,4848 + 0,83918x$	15,7	0,86
Ruminação							
g de MS/bolo	0,84	1,08	1,40	1,57	$\hat{Y} = 0,845357 + 0,0361684x$	25,2	0,99
g de FDN/bolo	0,42	0,38	0,51	0,54	$\hat{Y} = 0,383610 + 0,00740872x$	25,2	0,72

MS: Matéria seca; FDN: fibra em detergente neutro; MN : matéria natural

A eficiência de alimentação e ruminação (g MS e FDN/hora) aumentaram ($P < 0,05$) com a inclusão do farelo de mamona. A ingestão de MS/hora aumentou 10,80 g para cada unidade percentual de farelo de mamona adicionado na silagem. A adição de farelo de mamona melhorou a eficiência de ruminação, elevando seus valores em 1,76 e 0,83 g de MS e FDN por hora para cada unidade de farelo de mamona adicionado. A possível melhora na eficiência de ruminação encontrada, neste trabalho, pode estar, relacionada ao aumento dos níveis de inclusão de CNF na dieta com a inclusão de farelo de mamona, o que provocou redução dos teores de FDN da dieta, levando o animal a ser mais eficiente no uso da fibra por unidade de tempo.

A quantidade de MS e FDN ruminada/bolo aumentou à medida que se incluiu farelo de mamona, apresentando acréscimo de 0,036 e 0,007 g. Tanto para os valores de MS como para FDN, isso reflete o comportamento observado para seus consumos, os quais aumentaram à medida que se adicionou o farelo de mamona, já que o número de bolos/dia não foi alterado, apresentando média de 907,18 (Tabela 4).

Conclusão

Silagens de cana-de-açúcar aditivadas com farelo de mamona reduz o tempo de alimentação e promove melhoria na eficiência de alimentação e ruminação de ovinos Santa Inês.

Referência Bibliográfica

- BURGUER, P. J., PEREIRA, J. C., QUEIROZ, A.C. et al. Comportamento ingestivo de bezerros holandeses alimentados com dietas contendo diferentes níveis de concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.236-242, 2000.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R. et al. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com dietas compostas de silagem de capim-elefante amonizada ou não e subprodutos agroindustriais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1805-1812, 2006.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, R.R. et al. Comportamento ingestivo de ovinos Santa Inês alimentados com dietas com farelo de cacau. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.660-665, 2008.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos *in situ*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- HALL, M.B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, n.12 p. 3226–3232, 2003.
- MACEDO, C. A. B., MIZUBUTI, I. Y., MOREIRA, F. B., et al. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dietas com diferentes níveis de bagaço de laranja em substituição à silagem de sorgo na ração. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1910-1916, 2007.
- MURARO, G. B., JUNIOR, P.R. OLIVEIRA, V.C. et al. Efeito da idade de corte sobre a composição bromatológica e as características da silagem de cana-de-açúcar plantada em dois espaçamentos e três idades de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1525-153, 2009.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7 ed. Washington: National Academy Press, 2001. 450p.
- 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.
- PIRES, A. J.V., CARVALHO, G.P.P., GARCIA, R. et al. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante contendo casca de café, farelo de cacau ou farelo de mandioca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.8, p.1620-1626, 2009.

- SCHMIDT, P., MARI, L.J., NUSSIO, L. G. et al. Aditivos químicos e biológicos na ensilagem de cana-de-açúcar. 1. Composição química das silagens, ingestão, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.5, p.1666-1675, 2007
- SILVA, D.J., QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.
- SILVA, R.R. et al. Comportamento ingestivo de bovinos. Aspectos metodológicos. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.211, p.293-296, 2006.
- SNIFFEN, C.J., OCONNOR, J.D., VAN SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating caule diets. 2. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.
- UNIVERSIDADE FERDERAL DE VIÇOSA – UFV. SAEG – Sistema de análise estatística e genética. Versão 8.0. Viçosa, MG. 2000.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS, 61, 1999, *Proceedings...* Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

CAPÍTULO 4

Composição química e em ácidos graxos da carne de ovinos alimentados com cana-de-açúcar ensilada com diferentes níveis de farelo de mamona destoxificado

RESUMO - O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar a composição química e em ácidos graxos de cordeiros Santa Inês, objetivo de avaliar a composição química em ácidos graxos do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês alimentados com silagem de cana-de-açúcar contendo níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado. Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de inclusão 0, 7, 14 e 21% de farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar. Foram utilizados 24 ovinos, com peso corporal 25,34 kg e quatro meses de idade, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos e seis repetições. Não houve efeito da inclusão do farelo de mamona sobre as percentagens de umidade (73,3%), cinza (1,1%), proteína bruta (21,17%) e lipídeos totais (2,1%) do músculo *Longissimus*. A inclusão dos níveis de farelo de mamona não alterou a composição de ácidos graxos saturados (AGS), mas influenciou os polinsaturados que foram reduzidos linearmente. A razão n6:n3, não foi influenciada pelos níveis de farelo de mamona, mas as proporções se mantiveram dentro dos limites recomendáveis, o que caracteriza uma carne mais saudável do ponto de vista nutricional.

Palavras-chave: ácidos graxos insaturados, ácidos graxos saturados, ácido linoléico conjugado, perfil lipídico

**Chemical and fatty acid composition in beef of sheep fed sugar cane ensilage
different levels of destoxified castor bean meal**

ABSTRACT - The experiment was conducted to evaluate chemical and fatty acids composition the *Longissimus dorsi* muscle of male lambs Santa Ines fed diets containing silage from sugar cane ensiled with increasing levels of castor bean meal. The treatments were four levels inclusion 0, 7, 14 and 21% of castor bean meal in the ensiling of sugar cane. Twenty-four sheep with 25,34 kg of initial body weight (BW) and four months old were used, distributed in a completely randomized design with four treatments and six replications. No effect of the inclusion of castor bean meal on the percentage of moisture (73.3%), ash (1.1%), crude protein (21.17%) and total lipid (2.1%) in the *Longissimus dorsi*. The inclusion of levels of castor bean meal did not change the composition of saturated fatty acids (SFA), but influenced the polyunsaturated fat that were reduced linearly. The ration n6: n3, was not influenced by the level of castor bean meal but the proportions remained within recommended limits, what characterizes a healthy meat.

Key Words: conjugated linoleic acid, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, lipid profile

Introdução

Na atualidade as preocupações com a qualidade de vida têm despertado nas pessoas a necessidade de se alimentar de forma saudável. Diante da constatação da mudança de comportamento dos consumidores modernos, que buscam alimentos que apresentem baixos teores de gordura e que apresentem propriedades nutracêuticas, os diversos segmentos de mercado têm investido no marketing de alimentos com propriedades funcionais.

A percepção do setor econômico sobre o potencial mercado dos alimentos funcionais e o marketing negativo sobre a carne em especial de ruminantes, tem estimulado o interesse dos pesquisadores em investigar a composição em ácidos graxos da carne desses animais, que, atualmente, é considerada o principal vilão, quando se trata de problemas cardiovasculares. Ao contrário dos ácidos graxos trans gerados pela indústria alimentícia, aqueles provenientes de animais ruminantes não possuem qualquer ligação com o risco de doenças coronarianas em homens, e apresentam, ainda, relação inversa entre consumo e doenças cardiovasculares em mulheres (Jakobsen et al., 2008).

Embora o conceito de qualidade relacionado à composição dos ácidos graxos da carne seja uma tendência futurista, os pesquisadores de diversos países estão atentos para essa realidade que vem se tornando cada vez mais próxima. Nesse sentido os estudos têm sido focados principalmente na possibilidade de manipulação da composição lipídica da carne (Bass et al., 2007; Madruga et al., 2008) de forma a favorecer o consumo de um alimento rico em ácidos graxos que façam bem à saúde como, por exemplo, o ácido linoléico conjugado (CLA).

A qualidade da carcaça e da carne de ovinos depende de vários fatores, dentre eles a composição de ácidos graxos (AG), sendo esta influenciada pela dieta, sexo, raça e idade do animal (Zembayashi et al., 1995; Choi et al., 2000). Nos ruminantes, a composição dos AG da carne é influenciada em maior extensão, por fatores dietéticos (Basss et al., 2007; Nuernberg et al., 2008). De acordo com French (2000), há indícios de que o tipo de dieta fornecida ao animal altera a composição em lipídeos da carcaça dos animais, o que permitiria manipular a composição da fração gordurosa, através do uso, por exemplo, de sementes oleaginosas. Em contrapartida, o metabolismo ruminal modifica o perfil dos ácidos graxos da gordura da dieta disponíveis para absorção intestinal e a biohidrogenação no rúmen influencia a digestibilidade da gordura, sendo o principal fator determinante da composição em ácidos graxos saturados constituintes da gordura corporal dos ruminantes (Jenkins, 1993; Palmquist, 1993).

Entre os alimentos disponíveis, o farelo de mamona destoxificado apresenta grande potencial para utilização na alimentação dos ovinos, uma vez que apresenta bom perfil de ácidos graxos, além de ser um alimento protéico alternativo ao uso do farelo de soja o que poderia vir a reduzir os custos com o confinamento. Entretanto este subproduto tem sido utilizado, em sua grande maioria como fertilizante orgânico e controlador de nematóides (Severino, 2005).

Apesar da literatura existente a respeito do efeito da alimentação sobre as características da carcaça e da carne de cordeiros, poucos dados estão disponíveis sobre utilização de subprodutos de biodiesel na alimentação de ovinos e seus efeitos na qualidade química da carne de cordeiros Santa Inês. Dessa forma, esta pesquisa foi realizada com o objetivo de avaliar a composição química e em ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês, alimentados com silagem de cana-de-açúcar contendo níveis crescentes de farelo de mamona destoxificado.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório Experimental de Bovinos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia-UESB, localizada no município de Itapetinga, BA. Foram utilizados 24 ovinos machos inteiros em terminação, com peso corporal médio 25,34 kg e quatro meses de idade. Os animais foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos e com seis repetições e mantidos em baias individuais, dotadas de comedouro e bebedouro, e área de 1,5 m².

Os tratamentos foram constituídos de quatro níveis de inclusão 0, 7, 14 e 21% do farelo de mamona na ensilagem de cana-de-açúcar. Os animais foram submetidos a um período 87 dias de confinamento, sendo 15 para adaptação e 72 dias de período experimental.

Para a produção da silagem, foi utilizado cana-de-açúcar, a qual foi colhida manualmente. Logo após, foi picada em partículas de aproximadamente, 2 cm, em máquina ensiladeira acoplada a trator. O farelo de mamona foi adquirido de uma agroindústria da região metropolitana de Salvador-BA o qual sofreu processo de destoxificação, utilizando solução de Ca(OH)₂ (1 kg para 10 litros de água), na quantidade de 60 gramas de Ca(OH)₂/kg de farelo, na base da matéria natural, conforme recomendado por Oliveira et al. (2007). O farelo de mamona foi adicionado a cana-de-açúcar recém-picada nos níveis de 0, 7, 14 e 21 % com base na matéria natural (Tabela 1). A ensilagem foi realizada em tambores de metal com volume de 200 L. Em cada silo foram colocados 150 kg da mistura fresca, em densidade de 750 kg/m³. Após o enchimento, os silos foram vedados com lona plástica por um período de 60 dias.

Tabela 1 - Composição químico-bromatológica do farelo de mamona (FM), das silagens e das dietas experimentais, com base na matéria seca

Composição (%)	FM	Nível de farelo de mamona (%)			
		0	7	14	21
Constituintes dos alimentos (%)					
Matéria seca	91,8	20,9	28,7	32,9	37,0
Proteína bruta	38,8	2,2	10,4	15,2	18,5
Extrato etéreo	1,8	2,8	2,8	2,7	2,4
Cinza	14,1	4,4	6,7	8,4	9,3
Nutrientes digestíveis totais estimados ¹	60,7	63,7	62,4	60,6	58,7
Constituintes da dieta (%)					
Matéria seca	-	92,4	91,9	91,9	91,7
Proteína bruta	-	17,9	18,8	18,8	18,9
Extrato etéreo	-	2,5	2,6	2,6	2,4
Cinza	-	5,7	6,6	7,4	8,0
Nutrientes digestíveis totais estimados ¹	-	69,7	69,4	68,6	67,4

¹Estimado segundo o NRC (2001).

As análises dos teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE) nas amostras de alimento (Tabela 2) foram realizadas segundo Silva & Queiroz (2002).

Tabela 2 - Composição percentual das dietas experimentais, com base na matéria seca (MS)

Ingrediente (% MS)	Nível de farelo de mamona (%)			
	0	7	14	21
Silagem de cana-de-açúcar	60,0	55,8	51,6	47,4
Farelo de mamona	0,0	4,2	8,4	12,6
Farelo de soja	30,4	20,72	13,4	10,32
Grão de milho moído	8,4	18,08	25,4	28,48
Mistura mineral	1,2	1,2	1,2	1,2
Total	100	100	100	100

Os animais foram pesados no início e no final do experimento e foram realizadas, também, pesagens intermediárias, a cada 24 dias para avaliação do ganho médio diário de peso vivo (GMDPV) para ajuste do fornecimento da dieta. As pesagens foram precedidas de jejum alimentar de 16 horas.

Ao final do período experimental (87 dias), quando os ovinos apresentaram peso corporal médio de 39 kg, foram submetidos a jejum de sólidos de 16 horas e

posteriormente abatidos. Após o resfriamento, uma seção do músculo *Longissimus* entre a 12^a e 13^a costelas de cada meia-carcaça esquerda foi retirada e encaminhada ao Laboratório de Métodos de Separações Químicas /UESB. Para análise química, estas amostras foram descongeladas em temperatura ambiente, foi retirada a gordura de cobertura das mesmas e o músculo foi moído para a determinação dos teores de umidade, cinzas e proteína bruta, segundo metodologia da AOAC (1980).

Para determinação da composição em ácidos graxos, fez-se inicialmente a extração da fração lipídica da carne e da dieta segundo Bligh & Dyer (1959) (Tabela 3).

Tabela 3 - Composição de ácidos graxos dos concentrados e das silagens

Ácidos graxos	F.M ¹	Concentrados				Volumosos			
		0	7	14	21	0	7	14	21
C14:00	4,03	0,20	0,10	0,15	0,11	2,56	2,80	3,55	3,64
C15:00	0,86	0,05	0,03	0,04	0,02	0,93	0,33	0,81	0,28
C16:00	29,54	17,42	14,76	15,27	14,92	39,47	32,73	28,40	25,94
C16:01	0,83	0,38	0,35	0,32	0,29	2,61	2,31	2,16	1,49
C17:00	0,87	0,12	0,10	0,10	0,09	-	-	-	-
C17:01	-	0,05	0,04	0,08	0,07	-	-	-	-
C18:00	14,22	3,24	2,98	2,37	2,65	6,12	6,97	8,62	8,93
C18:1n-9	0,36	20,77	28,52	31,04	32,23	11,74	13,98	18,41	19,87
C18:1n-7	4,43	1,47	1,92	2,27	2,08	1,21	1,44	2,01	2,34
C18:2n-6	17,12	51,30	47,56	45,50	44,99	27,21	28,79	23,54	27,08
C18:3n-6	-	0,31	0,46	0,47	0,49	2,48	1,71	1,86	1,05
C18:3n-3	0,90	4,22	2,69	1,97	1,62	3,91	4,47	5,96	4,02
C20:0	0,47	-	-	-	-	-	-	-	-
C20:01	-	0,05	0,21	0,18	0,20	1,76	1,95	2,49	2,04
C22:1n-9	-	0,42	0,28	0,25	0,23	2,58	2,51	2,19	3,33
AGS	49,99	21,03	17,96	17,92	17,79	53,33	45,85	45,93	41,22
AGMI	31,99	23,14	31,33	34,14	35,10	19,91	22,19	27,26	29,06
AGPI	18,02	55,83	50,71	47,94	47,10	33,60	34,98	31,36	32,15
N-6	17,12	51,61	48,02	45,96	45,48	29,69	30,51	25,40	28,13
N-3	0,90	4,22	2,69	1,97	1,62	3,91	4,47	5,96	4,02
N-6/N-3	19,00	12,22	17,83	23,29	28,02	7,60	6,82	4,26	6,99
AGPI/AGS	0,36	2,65	2,82	2,67	2,65	0,63	0,76	0,68	0,78

¹Farelo de mamona

A transesterificação dos triacilgliceróis (TAG) para obtenção dos ésteres metílicos de ácidos graxos foi realizada conforme o método 5509 da ISO (1978). Os ésteres metílicos de ácidos graxos foram analisados por meio do cromatógrafo a gás Thermo Finigan Trace, com detector de ionização de chama. Foram programadas cinco

rampas de temperatura, iniciando a 160 °C e finalizando a 240°C. As temperaturas do injetor e detector foram de 250 °C e 280 °C, respectivamente. O fluxo do gás de arraste nitrogênio foi de 6,5 mL,min⁻¹. Os fluxos dos gases do detector foram de 250, 30 e 30 mL/min⁻¹ para os gases ar sintético, hidrogênio e nitrogênio, respectivamente. As áreas de picos foram determinadas pelo método da normalização, utilizando um software ChromQuest 4.1. A quantificação dos ácidos graxos foi realizada após a normalização das áreas. Os picos foram identificados por comparação dos tempos de retenção de padrões de ésteres metílicos de ácidos graxos Sigma (EUA) e após verificação do comprimento equivalente de cadeia.

Os dados foram avaliados por meio de análises de variância e de regressão, utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (SAEG, 2000). Os modelos estatísticos foram escolhidos de acordo com os coeficientes de determinação (r^2), e a significância observada dos coeficientes de regressão, por meio do teste F em nível de 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os níveis de farelo de mamona não influenciaram ($P>0,05$) a composição química do músculo *Longissimus dorsi* dos cordeiros (Tabela 4). Os valores médios de umidade, cinza, extrato etéreo e proteína constatados foram de 73,3, 1,1, 2,1 e 21,17%, respectivamente. Geralmente, os percentuais de umidade, cinzas e proteína apresentam baixas variações no músculo *Longissimus dorsi* de ovinos, utilizando diferentes alimentos (Madruca et al., 2008) e raças (Madruca et al., 2006).

A umidade é importante fator de qualidade da carne, uma vez que a capacidade de retenção de água (CRA) influencia a suculência na fase inicial da mastigação da carne (Ciria & Asenjo, 2000).

Os resultados constatados nesse estudo corroboram os encontrados por Madruga et al., (2008) que trabalhando com carne de cordeiros Santa Inês alimentados com diferentes níveis de caroço de algodão observaram valores médios de 72,3, 1,0, 23,6 e 3,6% para umidade, cinza, proteína e lipídios totais.

Tabela 4 - Composição do músculo *longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivadas com farelo de mamona destoxificado

Item (%)	Nível de farelo de mamona (%)				Equação de regressão	R ²	CV (%)
	0	7	14	21			
Umidade	74,5	73,0	73,0	72,6	$\bar{Y} = 73,3$	-	
Cinzas	1,12	1,14	1,11	1,08	$\bar{Y} = 1,1$	-	
Extrato etéreo	1,89	2,14	2,10	1,92	$\bar{Y} = 2,01$	-	12,23
Proteína bruta	20,99	21,83	21,88	20,79	$\bar{Y} = 21,17$	-	4,65

Em contrapartida, teores de gordura mais elevados foram descritos por Madruga et al. (2005), que avaliando os aspectos qualitativos da carne de cordeiros Santa Inês submetidos a quatro dietas distintas contendo diferentes volumosos (feno de capim-d'água + concentrado, feno de restolho de abacaxi + concentrado, palma + mistura mineral com melaço, silagem de milho + concentrado) com 40% de concentrado, encontraram influência significativa sobre os teores de composição centesimal, com o teor de lipídeos como o parâmetro mais afetado pelo efeito das dietas, apresentando teores médios de 6,93, 8,09, 2,74 e 8,38%, respectivamente.

Os ácidos graxos C14:00, C15:00, C15:01, C16:01, C17:00, C17:01, C18:00, C18:1 n-9t, C18:1 n-7 e C18:2c-9 t-11 não foram influenciados ($P > 0,05$) pelas silagens aditivadas com farelo de mamona (Tabela 5).

Pelos resultados, é possível perceber a predominância no músculo *Longissimus dorsi* de ovinos Santa Inês, dos ácidos graxos C14:00, C16:00, C16:01, C18:00, C18:1

n-9c, C18:1 n-7, C18:2 n-6c e C20:3 n-3 que apresentaram valores médios de 2,28, 26,45, 2,24, 17,08, 42,00, 1,78, 3,0 e 1,76, respectivamente. O ácido oléico (C18:1C9) foi o ácido graxo insaturado que mais contribuiu para a composição total dos ácidos graxos, enquanto os ácidos mirístico, palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) contribuíram mais intensamente entre os ácidos graxos saturados (Tabela 5).

Tabela 5 – Composição em ácidos graxos no músculo *longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com silagem de cana-de-açúcar adicionados de farelo de mamona

Ácidos graxos	Nível de farelo de mamona (%)				Equação de regressão	R ²	CV (%)
	0	7	14	21			
C14:00	2,45	1,82	2,27	2,56	$\hat{Y} = 2,28$	-	20,59
C14:01	0,38	0,25	0,26	0,32	$\hat{Y} = 0,37619 - 0,02290x + 0,00097x^2$	0,98	17,23
C15:00	0,33	0,27	0,28	0,35	$\hat{Y} = 0,31$	-	15,13
C15:01	0,14	0,11	0,10	0,16	$\hat{Y} = 0,14081 - 0,008065x + 0,0004x^2$	0,96	14,91
C16:00	26,48	24,46	27,82	27,02	$\hat{Y} = 26,45$	-	6,14
C16:01	2,11	2,60	2,25	2,01	$\hat{Y} = 2,24$	-	22,12
C17:00	0,96	1,02	0,96	0,87	$\hat{Y} = 0,95$	-	13,80
C17:01	0,73	0,62	0,63	0,82	$\hat{Y} = 0,70$	-	17,07
C18:00	17,68	17,83	16,87	15,94	$\hat{Y} = 17,08$	-	7,27
C18:1 n-9t	0,79	1,13	1,05	0,83	$\hat{Y} = 0,95$	-	26,70
C18:1 n-9c	39,59	42,59	46,44	42,41	$\hat{Y} = 39,0400 + 0,528965x - 0,016136x^2$	0,84	7,03
C18:1 n-7	1,56	1,80	1,87	1,90	$\hat{Y} = 1,78$	-	22,90
C18:2 n-6c	3,64	3,20	2,44	2,73	$\hat{Y} = 3,5274 - 0,0499624X$	0,73	21,30
C18:3 n-3	0,14	0,12	0,10	0,09	$\hat{Y} = 0,136945 - 0,0025084X$	0,99	24,09
C18:2 c-9 t-11	0,25	0,29	0,34	0,30	$\hat{Y} = 0,30$	-	28,32
C20:01	0,58	0,62	0,41	0,41	$\hat{Y} = 0,611303 - 0,0102139X$	0,69	23,80
C20:3 n-3	2,15	1,99	1,49	1,43	$\hat{Y} = 2,16437 - 0,0381726X$	0,92	19,76

É sabido que as gorduras de cadeia saturada promovem um efeito hipercolesterolêmico, em especial da lipoproteína de baixa densidade (LDL – colesterol), no entanto o efeito hipercolesterolêmico das gorduras saturadas é dado basicamente, pelos ácidos láurico, mirístico e palmítico. O contrário é observado pelos ácidos graxos insaturados, em especial o ácido oléico (C18:1) (Farfan, 1996). Além disso, o ácido esteárico, diferentemente dos outros ácidos graxos saturados, atua na redução do colesterol sérico em humanos (Bonanome & Grundy, 1988).

Corroborando os resultados do presente trabalho, Madruga et al., (2008) ao estudarem a composição em ácidos graxos da carne de ovinos Santa Inês, também

constatarem que entre o total de ácidos graxos identificados o ácido oléico (C18:1) foi o ácido graxo insaturado que mais contribuiu para a composição em ácidos graxos apresentando valor médio de 35,22%, resultado este comumente encontrado quando se trata de ruminantes, enquanto os ácidos palmítico (C16:0) e esteárico (C18:0) contribuíram mais predominantemente entre os ácidos graxos saturados com valores médios de 22,2 e 1,2% respectivamente.

A inclusão de farelo de mamona na ensilagem da cana-de-açúcar influenciou ($P < 0,05$) de forma quadrática negativa os ácidos miristoléico (C14:01) e pentadecenóico (C15:01) apresentando ponto mínimo de 0,24 e 0,10 nos níveis de 11,8 e 9,62% de farelo de mamona, respectivamente. O ácido oléico (C18:1n-9c) foi afetado ($P < 0,05$) de forma quadrática, apresentando valor máximo de 43,4% no nível de 16,4% de inclusão de farelo de mamona (Tabela 4). A alta proporção de ácido oléico na carne de ovinos pode ser explicada, pelo fato do farelo de mamona ser rico nesse ácido graxo (Tabela 3). Além disso, as dietas desses animais, em geral, possuem elevado teor de ácidos linoléico e linolênico, que após sofrerem biohidrogenação incompleta no rúmen irão formar elevada quantidade de ácido oléico, que serão absorvidos no intestino delgado e depositados no tecido muscular. Ácidos graxos monoinsaturados, como o ácido oléico, têm poder redutor de colesterol e lipoproteína de baixa densidade (LDL) (Macêdo et al., 2008), o que torna a carne com maiores concentrações desse ácido saudável.

Os ácidos graxos linoléico (C18:2), linolênico (C18:3), gadoléico (C20:1) e eicosatrienóico (C20:3) foram afetados ($P < 0,05$) significativamente pelos níveis de farelo de mamona. Tais ácidos apresentaram comportamento linear decrescente com reduções de 0,04, 0,002, 0,01 e 0,03 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mamona adicionada. Esse padrão de resposta pode ser explicado pelo fato dos animais consumirem, em maior quantidade, as dietas aditivadas, o que possivelmente,

levou a um maior consumo de concentrado comparado à silagem de cana-de-açúcar sem aditivo, reduzindo assim as concentrações desses ácidos que se apresentam em menores quantidades nos alimentos concentrados. Além disso, o aumento da participação do farelo de mamona nas silagens reduziu a participação do farelo de soja nos concentrados, o que possivelmente favoreceu a redução dos ácidos linoléico e linolênico, encontrados em menor quantidade no farelo de mamona (Tabela 3).

Os ácidos graxos poliinsaturados, como o linoléico (C18:2 ω 6) e seus derivados, que formam a família dos ácidos graxos $n6$ e principalmente o ácido graxo linolênico (C18:3 $n3$) e seus derivados que formam a família dos ácidos graxos $n3$, são considerados essenciais, porque os mamíferos não podem sintetizá-los, necessitando obtê-los via dieta. Esses ácidos são precursores do ácido linoléico conjugado (CLA), sendo o C18:2 cis-9, trans-11 o principal isômero de CLA presente na carne de ruminantes, entretanto sua concentração, varia dependendo da dieta que os animais estão consumindo (Pariza et al., 2001). O interesse pelo aumento das concentrações do CLA tem ocorrido devido às suas propriedades bioativas. Entretanto, nesta pesquisa o isômero C18:2 cis-9, trans-11 não foi afetado ($P>0,05$) pela dieta, apresentando valor médio de 0,30 (Tabela 5). Os valores observados neste estudo foram superiores aos verificados por Pelegrini et al. (2007) que obtiveram valores médios de 0,03 e próximos aos obtidos por Manso et al. (2009) que observaram valores de 0,33.

Tabela 6 – Composição em ácidos graxos no músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com silagem de cana-de-açúcar aditivadas com farelo de mamona destoxificado

Ácidos graxos	Nível de farelo de mamona (%)				Equação de regressão	R ²	CV (%)
	0	7	14	21			
AGS ¹	47,89	45,42	45,21	46,75	$\hat{Y} = 46,32$	-	4,82
AGMI ²	45,88	48,50	53,00	48,87	$\hat{Y} = 46,5248 + 0,49990x - 0,01799x^2$	0,79	6,48
AGPI ³	6,18	5,59	4,36	4,55	$\hat{Y} = 6,09172 - 0,0877309x$	0,91	18,03
AGPI/AGS	0,13	0,12	0,10	0,10	$\hat{Y} = 0,130326 - 0,00177663x$	0,86	18,90
<i>n-6</i> ⁴	3,64	3,20	2,44	2,73	$\hat{Y} = 3,5274 - 0,0499624x$	0,73	21,30
<i>n-3</i> ⁵	2,29	2,10	1,59	1,51	$\hat{Y} = 2,30131 - 0,0406811x$	0,92	18,91
<i>n6/n3</i>	1,59	1,55	1,54	1,84	$\hat{Y} = 1,63$	-	22,93

¹ Ácidos graxos saturados, ² ácidos graxos monoinsaturados, ³ ácido graxo poliinsaturados, ⁴ ômega 6, ⁵ ômega 3

A concentração média total dos ácidos graxos saturados e a razão n6:n3 não foram influenciadas ($P>0,05$) pela inclusão de farelo de mamona. Os AGS apresentaram valor médio de 46,32%, valor este superior aos 42,53% encontrados por Macêdo et al. (2008) em músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros alimentados com ração contendo 0; 6,60; 13,20 ou 19,80% de semente de girassol.

Quanto à razão n6:n3, esta apresentou valor médio de 1,63. Esta razão está bem abaixo do mínimo recomendado, que deve ser inferior a 4, quando visa eliminar fatores de riscos de doenças como câncer e as doenças coronarianas, associados à alimentação (Wood et al., 2003).

Madruga et al., (2006) avaliando composição em ácidos graxos de cordeiros Santa Inês, observaram valor médio inferior da relação n6:n3 (0,07) aos obtidos neste estudo (Tabela 6).

Em dietas ricas em n6, o organismo produzirá eicosanóides inflamatórios e cancerígenos. Por outro lado, os n3 são antiinflamatórios, reduzem os lipídios sanguíneos, tendo propriedades vasodilatadoras, sendo benéficos na prevenção de doenças cardíacas, hipertensão e diabetes (Fagundes, 2002). A proporção adequada dos ácidos graxos poliinsaturados das famílias ômega-6 e ômega-3 se apresenta como um indicador de dieta saudável, uma vez que o desbalanço dessas proporções, característica marcante das dietas ocidentais, indicam hábitos de vida insalubres e por conseguinte, maior vulnerabilidade a doenças cardiovasculares e câncer.

Para as variáveis AGPI, AGPI/AGS, n6 e n3, constou-se redução linear ($P<0,05$) com a adição de farelo de mamona (Tabela 6). As reduções foram de 0,08, 0,002, 0,04 e 0,04 unidades percentuais para cada unidade de farelo de mamona adicionada, respectivamente, para as variáveis supracitadas.

A razão AGPI:AGS encontrada neste trabalho (Tabela 6) está abaixo do valor recomendado pelo Department of Health (1994), que indica ser de 0,45 para que a alimentação seja benéfica à saúde humana. A baixa razão AGPI:AGS pode ser explicada devido ao processo de biohidrogenação sofrido pelos ácidos graxos insaturados da dieta no rúmen, por meio dos microrganismos.

De forma semelhante, Rodrigues et al. (2010), ao avaliarem os efeitos da substituição do milho por polpa cítrica na composição de ácidos graxos de cordeiros não obtiveram razão AGPI:AGS considerada ideal, apresentando valor médio de 0,13, próximo ao 0,11 encontrado nesta pesquisa.

O AGMI foi influenciado de forma quadrática positiva pelos níveis de inclusão do farelo de mamona apresentando valor máximo de 50% para o nível de 13,9% de farelo de mamona (Tabela 6). Dentre os monoinsaturados o ácido oléico (Tabela 6) contribui com, aproximadamente, 87% dos mesmos. A carne de ovinos geralmente apresenta altos valores desse ácido graxo, o que faz com que esse alimento se torne mais saudável do ponto de vista nutricional, uma vez que concentrações elevadas desse ácido graxo na dieta têm efeito hipocolesterolêmico.

Conclusão

A inclusão do farelo de mamona destoxificado na silagem de cana-de-açúcar não altera a composição química, mas eleva os teores de ácido oleico do músculo *Longissimus dorsi* de cordeiros Santa Inês. A carne de cordeiros é saudável do ponto de vista nutricional, pois apresenta razão n6:n3 dentro dos limites recomendáveis.

Referências Bibliográficas

- AOAC. Official methods of analysis. 13. ed. Washington: AOAC, 1980, 1015p.
- BASS, P., BERTHELOT, V., POTTIER, E., NORMAND, J. Effect of linseed on fatty acid composition of muscles and adipose tissues of lambs with emphasis on trans fatty acids. **Meat Science**, 77, 678–688, 2007.
- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-917, 1959.
- BONANOME, A., & GRUNDY, S. M.. Effects of dietary stearic acid on plasma cholesterol and lipoprotein levels. **New England Journal Medicine**, 318, 1244–1248, 1988.
- CHOI, N.J. ENSER, M., WOOD, J.D. et al. Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. **Animal Science**, Penicuik, v.71, p.509- 519, 2000.
- CIRIA, J., ASENJO, B. Factores a considerar en el presacrificio y postsacrificio. In: CAÑEQUE, V. e SAÑUDO, C. (Ed.) Metodología para el estudio de la calidad de la carnal y de la carne en rumiantes. 1.ed. Madri: INIA, 2000. p.20-45.
- DEPARTMENT OF HEALTH . Nutritional Aspects of Cardiovascular Disease - Report on Health and Social Subjects. HMSO. London, 1994, n 46.
- FAGUNDES, L.A. Ômega-3 e ômega-6: o equilíbrio dos ácidos gordurosos essenciais na prevenção de doenças. Porto Alegre: AGE, 2002. 92 p.
- FARFAN, J.A. Alimentos que influenciam os níveis de colesterol no organismo. In: Seminário Colesterol:Análise, Ocorrência, Redução Em Alimentos E Implicações Na Saúde, [s.n.]. Campinas. **Anais...** Campinas: ITAL, 1996. p.35-44.
- FRENCH, P.; STANTON, C.; LAWLESS, F.; et al. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. **Journal of Animal Science**, v.78, p.2849-2855, 2000.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. **Method ISO 5509**. Geneve: ISO, 1978. 6p.
- JAKOBSEN, M.U.; OVERVAD, K.; DYERBERG, J. et al. Intake of ruminant trans fatty acids and risk of coronary heart disease.**International Journal of Epidemiology**, v.37, p.173-182, 2008.
- JENKINS, T.C. Lipid Metabolism in the Rumen. **Journal do Dairy Science**, v.76, p. 3851-3863, 1993.

- MACEDO, V. P.; GARCIA, C. A.; SILVEIRA A. C et al. Composições tecidual e química do lombo de cordeiros alimentados com rações contendo semente de girassol em comedouros privativos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.10, p.1860-1868, 2008.
- MADRUGA, M.S.; ARAÚJO, W.O.; SOUSA, W.H et al. Efeito do genótipo e do sexo sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1838-1844, 2006.
- MADRUGA, M.S.; SOUSA, W.H.; ROSALES, M.D et al. Qualidade da carne de cordeiros Santa Inês terminados com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.1, p.309-315, 2005.
- MADRUGA, M. S.; VIEIRA, T. R. L.; CUNHA, M. G. G et al. Efeito de dietas com níveis crescentes de caroço de algodão integral sobre a composição química e o perfil de ácidos graxos da carne de cordeiros Santa Inês. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.8, p.1496-1502, 2008.
- MANSO, T., BODAS, R., CASTRO, T. et al. Animal performance and fatty acid composition of lambs fed with different vegetable oils. **Meat Science**, v.83, p.511–516, 2009.
- NUERNBERG,K.,FISCHER,A.,NUERNBERG,G. et al. Meat quality and fatty acid composition of lipids in muscle and fatty tissue of Skudde lambs fed grass *versus* concentrate. **Small Ruminant Research**, v.74, n.1-3, p. 279-283, 2008.
- 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.
- PARIZA MW, PARK Y, COOK ME. The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. **Prog Lipid Res**. v.40, n.4, p. 283-298, 2001.
- PALMQUIST, D.L.; WEISBJERG, M.R.; HVELPLUND, T. Ruminant, Intestinal, and Total Digestibilities of Nutrients in Cows Fed Diets High in Fat and Undegradable Protein. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 1353-1364, 1993.
- PELEGRINI, L.F.V.; PIRES, C.C.; KOZLOSKI, G.V. et al. Perfil de ácidos graxos da carne de ovelhas de descarte de dois grupos genéticos submetidas a dois sistemas de manejo. **Ciência Rural**, v.37, n.6, p.1786-1790, 2007
- RODRIGUES, G. H.; SUSIN ,I.; PIRES,A.V. et al. Perfil de ácidos graxos e composição química do músculo longissimus dorsi de cordeiros alimentados com dietas contendo polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.6, p.1346-1352, 2010.
- SEVERINO, L.S. O que sabemos sobre a torta de mamona. (Embrapa Algodão. Documentos, 134), 2005, 31p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. 2000. SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas. Versão 8.0. Viçosa, MG. 142p. (manual do usuário).

WOOD, J.D.; RICHARDSON, R.I.; NUTE, G.R. et al. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v.66, n.1, p.21-32, 2003.

ZEMBAYASHI, M. K., NISHIMURA LUNT, D.K., SMITH, S.B. Effect of breed type and sex on the fatty acid composition of subcutaneous and intramuscular lipids of finishing steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v.73, p.3325-3332, 1995.