

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES  
JEQUITINHONHA E MUCURI

**BRUNA NOGUEIRA HERCULANO**

FARELO DE CRAMBE NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS

**DIAMANTINA – MG**  
**2013**

BRUNA NOGUEIRA HERCULANO

**FARELO DE CRAMBE NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS**

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

Orientador: Prof. Gustavo Henrique de Frias Castro

DIAMANTINA– MG  
2013

Ficha Catalográfica – Serviço de Bibliotecas/UFVJM  
Bibliotecário Anderson César de Oliveira Silva, CRB6 – 2618.

H539f	<p>Herculano, Bruna Nogueira Farelo de crambe na alimentação de bovinos leiteiros / Bruna Nogueira Herculano. – Diamantina: UFVJM, 2014. 60 p. : il.</p> <p>Orientador: Gustavo Henrique Frias Castro</p> <p>Dissertação (Mestrado – Curso de Pós-Graduação em Zootecnia) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p>1. Coproduto. 2. Concentrado protéico. 3. Consumo. 4. Glicosinolatos. 5. hormônios. I. Título II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;"><b>CDD 636.2085</b></p>
-------	--

Elaborado com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

BRUNA NOGUEIRA HERCULANO

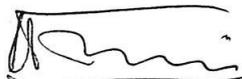
**FARELO DE CRAMBE NA ALIMENTAÇÃO DE BOVINOS LEITEIROS**

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

APROVADA em 29/11/2013



Prof. Gustavo Henrique de Frias Castro – UFVJM  
Orientador



Prof. Norberto Mário Rodriguez – EV-UFMG



Prof.<sup>a</sup> Roseli Aparecida dos Santos – UFVJM



Pesq. Mário Henrique França Mourthé – UFVJM

DIAMANTINA – MG  
2013

**DEDICO...**

*Às mulheres que fazem parte da minha vida...*

*Minha avó Hilda, pelo seu esforço e dedicação, pelos princípios e ensinamentos passados.*

*Minha mãe Deborah, pelo seu exemplo de vida, determinação, dedicação e por abrir mão de tudo por nós.*

*Letícia, nossa maior alegria e motivação.*

*Minhas tias, Maria Rosa, Messe e Myriam, pelo apoio, motivação, presença e orações.*

*Obrigada por fazerem tudo, até mesmo o que está fora do alcance de vocês por mim!  
Orgulho-me da família que tenho!*

## AGRADECIMENTO

A Deus, pela vida, pela minha saúde e de todos da minha família, permitindo, assim, que eu chegasse até aqui. Pelas oportunidades, colocando pessoas maravilhosas no meu caminho e proteção nesses anos, que me fizeram persistir mesmo nos momentos mais difíceis.

Kênia, esse trabalho é nosso. Agradeço por todos os anos de amizade, pela paciência nos momentos mais desgastantes do nosso experimento e da nossa convivência; pelo companheirismo e conselhos.

Ao meu orientador, Gustavo, pela confiança ao me incluir nesse projeto e por me preparar mais para a vida.

Kiko, pela amizade, apoio profissional, incentivo, boa vontade e dedicação: um exemplo de profissional.

Prof<sup>a</sup> Karina e Prof. Cleube, pelos conhecimentos passados na iniciação científica, que foram importantes na elaboração desse trabalho.

Professores Aldrin, Adalfredo e Martinho, pela boa vontade e auxílio nas análises estatísticas.

A todos os funcionários da Fazenda Experimental do Moura, em especial Net, Val, Márcia e Dona Celeste, por cuidarem de mim com tanto carinho.

Aos amigos e companheiros da fazenda: Jana, Leleção, Danilo, Cesinha, Fred e Jorge, pela convivência e companheirismo de todos vocês e por toda ajuda na rotina experimental.

Rosane, Mari, Nanda, Alline, Carol, Marcela, Bruno, Ítalo, Leandro, pelo auxílio nas análises laboratoriais e acima de tudo pelo empenho e amizade de vocês.

Aos amigos Gui, Ronald, Moises, Hudson, Bruno, Bernardo, Marcelo e Flávio pelo apoio, amizade e sugestões.

Dona Meire e Fran, obrigada por tudo que fizeram por mim, me acolhendo com tanto carinho.

Renatinha, por ser tão dedicada à nossa amizade. Pela ótima convivência e cumplicidade no tempo em que moramos juntas.

Às minhas amigas, Lu, Mari, Regina, Luisa, Dani Ursine, Renata Ursine, Dênia, Camila, Josi, Raína, Kariny, Lauritinha, pela cumplicidade, conselhos, e por todos os momentos que passei com cada uma. Amo vocês!

À turma do Biritas, que tornaram os momentos finais em Diamantina inesquecíveis.

Aos técnicos Elizandra, Mari, Abraão e Lindomar, pela colaboração.

À Elizângela, pela presteza e disposição.

Ao Tio Vandeir, Tio Nikita e à família Coutinho, responsáveis, também, por eu ter chegado até aqui.

Aos membros da banca, Roseli e Prof. Norberto, pela colaboração e sugestões.

À Caramuru Alimentos S.A., pela doação do farelo.

À Tortuga, pelo apoio e doação do núcleo mineral.

À UFVJM, pela minha formação.

A CAPES, pela bolsa.

*Em Deus estão escondidos todos os tesouros da  
sabedoria e do entendimento.  
Colossenses 2:3*

*A fé é um modo de já possuir aquilo que se espera, é  
um meio de se conhecer realidades que não se veem.  
Hebreus 11:1*

## **BIOGRAFIA**

Bruna Nogueira Herculano, filha de Deborah Nogueira e Rodrigo Antônio Herculano, nasceu em 20 de maio de 1988, na cidade de Itaúna, MG, Brasil.

Em março de 2007, ingressou na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), graduando-se no curso de Zootecnia em julho de 2011.

Em agosto de 2011, iniciou seu Mestrado em Zootecnia, na área de Produção Animal, linha de pesquisa Produção e Nutrição de Ruminantes na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.

Em 29 de novembro de 2013, submeteu-se aos exames finais de defesa de dissertação, para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Zootecnia.

## RESUMO

HERCULANO, Bruna Nogueira. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, novembro de 2013. 60p. **Farelo de Crambe na alimentação de bovinos leiteiros**  
Orientador: Gustavo Henrique Frias Castro. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Foram analisados o consumo, a digestibilidade, os hormônios tireoidianos e as enzimas hepáticas, com o objetivo de avaliar os possíveis efeitos da substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de crambe (FC) (*Crambe Abyssinica*), em dietas para bovinos leiteiros. Foram utilizados quatro bovinos Holandês x Zebu castrados, com peso médio de 664 kg. A dieta foi formulada segundo o NRC (2001), atendendo a relação volumoso: concentrado 60:40 na matéria seca (MS), tendo a silagem de milho e o feno de tifton com o volumoso em todas as dietas, em proporções médias fixas de 33% e 67% na MS, respectivamente. Os animais receberam quatro dietas contendo 0%, 2,8%, 6,4% e 11,0% de FC na MS da dieta, o qual representava substituição do FS em 0%, 33%, 66% e 99% por FC na MS da dieta. Não foram observados efeitos ( $p > 0,05$ ) dos níveis de substituição para os consumos de matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, fibra em detergente ácido, carboidratos não fibrosos, proteína bruta, extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais quando expressos em %PV, observando-se médias de 2,50%, 2,22%, 1,14%, 0,52%, 0,66%, 0,34%, 0,07% e 1,21%, respectivamente. As digestibilidades aparentes totais da fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos não fibrosos, proteína bruta e extrato etéreo também não foram influenciadas pelos níveis crescentes do FC, apresentando valores médios de 41,59%, 32,55%, 73,85%, 63,65%, respectivamente. Entretanto, a digestibilidade da matéria seca e matéria orgânica, reduziram-se, significativamente ( $p < 0,05$ ), com o aumento da inclusão do FC nas dietas. Não houve diferença ( $P > 0,05$ ) na avaliação das atividades séricas enzimáticas em nenhum dos tratamentos analisados, sendo os valores médios de GGT de 39,03UI/L., AST de 68,34UI/L., e ALT de 24,781UI/L. A inclusão do FC também não ocasionou diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) para os níveis de  $T_4$  livre 1,27 uUI/mL. Para os teores de TSH, houve maior frequência de resultados para valores inferiores a 0,008 uUI/mL. O FC não afeta o consumo e os parâmetros sanguíneos dos bovinos, todavia exerce efeito negativo na digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica.

Palavras chave: coproduto, concentrado proteico, consumo, glicosinolatos, hormônios

## ABSTRACT

HERCULANO, Bruna Nogueira. Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri, November 2013. 60p. **Bran Crambe to dairy cattle**. Adviser: Gustavo Henrique Castro Frias. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

The digestibility, the thyroidal hormones and the hepatic enzymes were analyzed with the purpose of measure the possible effects of the substitution of the soy bran for the crambe bran, on the dairy cattle's diet. It was used four Holstein x Zebu bovines, castrated, with average weight of 664 kg. The diet was formulated according to NRC (2001) serving the relation voluminous: concentrate 60:40 on dry matter (MS), with corn silage and hay as roughage in all diets, with average fixed proportions of 33% and 67% in MS, respectively. The animals received four diets containing 0%, 2.8%, 6.4% and 11.0% of bran in the diet DM crambe, which represented replacement of soybean meal at 0%, 33%, 66% and 99% by bran crambe of the diet DM. No effects were observed ( $p>0,05$ ) in the levels of by-product for the consumption of dry matter, organic matter, neutral detergent fiber corrected for ash and protein, acid detergent fiber, non-fiber carbohydrates, crude protein, ether extract, total digestible nutrients, when expressed in %PV, observing averages of 2,50%, 2,22%, 1,14%, 0,52%, 0,66%, 0,34%, 0,07% and 1,21%, respectively. The total apparent digestibilities of neutral detergent fiber corrected for ash and protein, acid detergent fiber, non-fiber carbohydrates, crude protein and ether extract, also were not affected by increasing levels of FC presenting medium values of 59,34%, 41,59%, 32,55%, 73,85%, 63,65%, respectively. However, the digestibilities of dry matter and organic matter decreased significantly ( $p<0,05$ ) with increased inclusion of FC on the diets. There was no difference ( $p>0,05$ ) in the assessment of seric enzymatic activities in none of the analyzed treatments, with GGT medium values of 39,03UI/L., AST de 68,34UI/L., and ALT de 24.781UI/L. Also levels of by-product did not cause significant differences ( $p>0,05$ ) in the levels of free T4 1,27 uUI/mL. For the levels of TSH, there was more tendency of resulted a range of results below 0,008 uUI/mL. The FC does not affect the consumption and the blood parameters of the bovines, although it exerts negative effect on the digestibility of dry matter and organic matter.

Key-words: by-product, protein concentrate, consumption, glicosinolates, hormones.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Matérias primas utilizadas para a produção do biodiesel.....	15
Tabela 02. Descrição das principais características agronômicas da cultivar de Crambe ( <i>Crambe abyssinica</i> ) FMS Brilhante Fundação MS, 2007.....	18
Tabela 03. Análise de aminoácidos do farelo de crambe e soja.....	19
Tabela 04. Composição bromatológica da torta e farelo de Crambe ( <i>Crambe abyssinica</i> ).....	20
Tabela 05. Efeito dos glicosinolatos nos animais.....	21
Tabela 06. Composição percentual dos ingredientes utilizados nas dietas (%MN).....	29
Tabela 07. Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais.....	29
Tabela 08. Composição nutricional das dietas experimentais.....	30
Tabela 09. Análise de variância.....	32
Tabela 10. Consumo médio mensurado em kg/dia nos diferentes níveis de inclusão do Farelo de Crambe em substituição ao Farelo de Soja.....	33
Tabela 11. Consumo médio mensurado em, %PV nos diferentes níveis de inclusão do Farelo de Crambe em substituição ao Farelo de Soja.....	35
Tabela 12. Consumo médio mensurado em, g/kg <sup>0,75</sup> nos diferentes níveis de inclusão do Farelo de Crambe em substituição ao Farelo de Soja.....	38
Tabela 13. Coeficientes de digestibilidade aparente total nos diferentes níveis de inclusão do Farelo de Crambe em substituição ao Farelo de Soja.....	40
Tabela 14. Composição percentual dos ingredientes utilizados nas dietas (%MN).....	50
Tabela 15. Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais.....	51
Tabela 16. Composição nutricional das dietas experimentais.....	52
Tabela 17. Análise de variância.....	52
Tabela 18. Atividades das enzimas gama-glutamiltransferase (GGT), aspartato-aminotransferase (AST), alanina aminotransferase (ALT) de bovinos alimentados com quantidades crescentes de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.....	53
Tabela 19. Distribuição dos valores de tireotrofina de bovinos alimentados com quantidades crescentes de farelo de crambe de substituição ao farelo de soja no concentrado, de acordo com o tratamentos experimentais (0%, 33%, 66% e 99%).....	55
Tabela 20. Valores de tiroxina livre (T4 livre) de bovinos alimentados com quantidades crescentes de farelo de crambe, em substituição ao farelo de soja no concentrado.....	56

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1. BIODIESEL.....	14
2.2. CRAMBE ( <i>CRAMBE ABYSSINICA</i> ).....	16
3. CONSUMO E DIGESTIBILIDADE EM BOVINOS LEITEIROS ALIMENTADOS COM FARELO DE CRAMBE ( <i>CRAMBE ABYSSINICA</i> ) EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA.....	25
4. PARÂMETROS SANGUÍNEOS EM BOVINOS LEITEIROS ALIMENTADOS COM FARELO DE CRAMBE ( <i>CRAMBE ABYSSINICA</i> ) EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA.....	47
5. CONCLUSÃO GERAL.....	60

## 1. INTRODUÇÃO

A necessidade da diversificação agrícola com culturas adicionais e o estudo de novas matérias-primas para a indústria levou à investigação de espécies de plantas alternativas (Lambert et al., 1970).

As reservas dos combustíveis fósseis estão cada vez mais escassas e os impactos ambientais causados por estes são significativos. Sendo assim, a utilização de plantas oleaginosas como fornecedoras de carbono para a queima de combustível, vêm se tornando presentes nas matrizes energéticas, gerando promissores coprodutos da cadeia dos bicompostíveis.

Concomitantemente, o cenário da bovinocultura tem passado por transformações com relação à utilização de insumos, principalmente em razão dos elevados custos da alimentação, que é, em sua grande parte, composta por concentrados à base de grãos. Este é o componente de maior peso no orçamento da produção e com efeito direto na lucratividade do sistema (Correia et al., 2011).

Os coprodutos agroindustriais surgem, então, como uma alternativa, visando, além da sustentabilidade ao meio ambiente, a implantação de um plano nutricional economicamente justificável, contribuindo, também, para melhores resultados dos índices produtivos.

Em sua maioria, esses alimentos apresentam bom potencial para utilização na alimentação de ruminantes. Dependendo do valor nutritivo do material de origem, do processamento aplicado e do volume produzido, os coprodutos podem substituir, em diferentes proporções, os alimentos tradicionalmente utilizados na formulação de concentrados (Souza et al., 2005).

Dentre essas culturas destaca-se o crambe (*Crambe abyssinica*), cultura pouco conhecida no Brasil. Uma oleaginosa que desponta como alternativa interessante para a produção de biodiesel (Souza et al., 2009). O coproduto oriundo da extração do biodiesel apresenta elevado valor nutricional, podendo substituir o concentrado protéico nas dietas de ruminantes.

Apresenta alto teor de proteína bruta e baixo teor de gordura. No processo de extração, obtém-se, em média, 32% de óleo e 68% de farelo. Experimentos indicaram que o farelo de crambe pode ser utilizado como suplemento protéico para ruminantes (Lambert et al., 1970; Perry et al., 1979), além de apresentar quantidade desejável de minerais e perfil de aminoácidos adequado, semelhantes ao da soja (Anderson et al., 1993).

De acordo com Lambert et al. (1970), as características físicas e químicas dos coprodutos do crambe, indicam que estes podem ser usados na alimentação animal.

Nessa perspectiva, essa pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar os efeitos dos níveis do farelo de crambe, em substituição ao farelo de soja na alimentação de bovinos leiteiros sobre o consumo, a digestibilidade, bem como a possível interferência desse coproduto nos hormônios tireoidianos e na função hepática.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. BIODIESEL**

Biodiesel é o termo que se refere ao combustível obtido de fontes renováveis, a exemplo de óleos e gorduras de origem animal e vegetal, além de matérias graxas provenientes de esgotos. Biodegradável, não tóxico e praticamente livre de enxofre, substâncias aromáticas e cancerígenas, recebe, assim, a classificação de combustível ecológico (Holanda, 2004).

De acordo com Chiaranda et al. (2005), além desses benefícios, o biodiesel ainda apresenta a vantagem de poder ser utilizado em qualquer tipo de motor a diesel, com pouca ou nenhuma necessidade de adaptação, e ainda apresenta uma série de matérias-primas, dentre elas: óleos e gorduras.

Entre outras vantagens, é fonte de energia limpa, não poluente, e ainda reduz, de maneira substancial, a emissão de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos não queimados. Por não ser inflamável, o transporte, armazenamento e manuseio do biodiesel mostra-se muito mais seguro que os congêneres de natureza petrolífera (Holanda, 2004).

Vários são os estudos que apontam o esgotamento das fontes de energia fóssil para os próximos 40 ou 50 anos, destacando-se a necessidade de buscar outras fontes alternativas. Por outro lado, os constantes conflitos políticos, envolvendo os países do Oriente Médio, onde estão localizadas quase 80% das reservas comprovadas de petróleo no mundo, conferem instabilidade ao suprimento e aos preços deste combustível, incentivando várias nações a reduzirem a dependência em relação às importações do produto (Mello et al., 2007).

O biocombustível tem atraído a atenção de países de todo o mundo, visto que é um combustível que pode eliminar certa dependência do petróleo além de trazer diversas externalidades positivas. A possibilidade de produção em pequena escala também vem sendo

destacada em vários países, dito que reduz os custos de produção em regiões mais isoladas, possibilitando a produção para consumo próprio de produtores rurais (Chiaranda et al., 2005).

O estímulo à produção de biodiesel no Brasil também constitui um objetivo governamental de reduzir a dependência de fontes de combustíveis não renováveis externas (Carreratal., 2012).

### **Produção de Biodiesel**

A fabricação do biodiesel é feita pelo processo de transesterificação, na qual os ácidos graxos que compõe a gordura ou óleo vegetal são separados da glicerina. O processo origina dois produtos: os ésteres (nome químico do biodiesel) e a glicerina (produto utilizado no mercado de sabões); além de coprodutos (torta, farelo etc.) que podem gerar outras fontes de renda importantes para os produtores (Abdalla et al., 2008).

As matérias-primas necessárias para produção do biodiesel provêm de óleos vegetais, gordura animal, óleos e gorduras residuais, sendo que as fontes para a extração de óleo vegetal são as mais variadas e consideradas as mais viáveis até o momento (Chiaranda et al., 2005).

Na Tabela 1, são apresentadas as principais matérias primas utilizadas para a produção do biodiesel em 2010. De acordo com Abdalla et al. (2008) outras oleaginosas também apresentam potencial para a produção do biodiesel, dentre elas: babaçu, canola, gergelim, pinhão manso.

Tabela 1. Matérias primas utilizadas para a produção do biodiesel no Brasil

Matéria Prima	Média da produção anual do combustível (%)
Óleo de soja	82,15
Óleo de algodão	28,99
Sebo bovino	13,02
Óleo de palma	0,33
Óleo de girassol	0,02

Fonte: Adaptado Anuário (2011)

Atualmente, o principal mercado produtor e consumidor de biodiesel em grande escala é a União Europeia, que é representada, principalmente, pelo Europe an Biodiesel Board – EBB, responsável por cerca de 90% do biodiesel produzido. Sobre a produção de biodiesel no

mundo, relatórios do EBB dão maior destaque à produção de biodiesel nos Estados Unidos e ao Programa Nacional de Biodiesel do Brasil (Chiaranda et al., 2005).

Dados demonstram que a estimativa de produção do biodiesel no Brasil passou a ser, em 2008, em média, 1 bilhão de litros, em consequência da legislação - Lei 11.097/2005 (Abdalla et al., 2008).

Dentre as alternativas de oleaginosas com potencial para produção do biodiesel, podemos destacar o crambe (*Crambe abyssinica*) (Goes et al., 2010). Nesta cultura, o teor de óleo nas sementes, em boas condições de cultivo, pode chegar a 38% (Pitol, 2008). O crambe ainda apresenta a vantagem de se inserir nos padrões do agronegócio brasileiro, aproveitando as mesmas estruturas de produção, máquinas e equipamentos. Certamente é uma grande alternativa para alcançar o Programa de Biodiesel no Brasil (Fundação MS, 2010).

## 2.2. CRAMBE (*CRAMBE ABYSSINICA*)

### Características da cultura

Segundo estudo realizado pela Fundação MS (2010), o crambe foi inicialmente pesquisado na Rússia e introduzido nos Estados Unidos na década de 40. Suas pesquisas foram realmente intensificadas nos anos 80. Existem diversas variedades de crambe registradas no mundo. As variedades: Prophet, Indy, Meyer, Bel Enzian, C-22, C-29 e C-37 foram lançadas durante os anos 70 e 80 nos Estados Unidos. Mais recentemente, na década de 90, o programa de melhoramento europeu lançou as variedades Galactica, Nebula, Charlotte, Carmen e Mario, nenhuma dessas registrada no Brasil.

O crambe (*Crambe abssynica*) é uma oleaginosa pertencente à família Brassicaceae (Fundação MS, 2010). Apresenta alto potencial para produção de biodiesel, devido ao seu elevado teor de óleo nos grãos (Cardoso et al., 2012). Planta de inverno, originária do Mediterrâneo, tem sido cultivada na África, Ásia, Europa, Estados Unidos, México e América do Sul, como cultura para cobertura do solo (Goes et al., 2010).

É uma cultura muito tolerante à seca, principalmente a partir do seu desenvolvimento vegetativo, quando não tolera períodos chuvosos ou de alta umidade relativa do ar. Tolerante ao frio, exceto após a germinação, quando suporta temperaturas de até 3°C negativos; e, no florescimento, a ocorrência de geadas causa abortamento das flores. Apresenta baixo custo de produção, pouca incidência de pragas, boa produção de grãos, além de não exigir novas

máquinas ou equipamentos para o seu cultivo. Nas condições do Brasil, comporta-se como cultura de outono/inverno, com ciclo relativamente curto (média de 90 dias). Devido suas exigências climáticas, o Centro-sul do Mato Grosso do Sul, Norte/Nordeste do Paraná e Sul de São Paulo apresentam-se como regiões de melhor adaptação (Pitol, 2008).

Apresenta, ainda, precocidade e bom potencial produtivo de grãos, em média, 1000 a 1500 kg/ha em 2007. Produtividades maiores já foram relatadas, 1600 kg/ha na região do sul do Mato Grosso do Sul, em abril de 2008, e em parcelas experimentais da Fundação MS, já foram registradas produtividades de 2300 kg/ha no ano de 2007. É, também, uma excelente alternativa para rotação de cultura, por não competir com as culturas alimentares, normalmente plantadas no período da safrinha (Fundação MS, 2010).

Tendo-se em vista esse potencial da cultura para a produção de biodiesel e as suas características consideradas rústicas, a cultura do crambe é promissora. Vale ressaltar que a qualidade fisiológica das sementes colocadas à disposição do produtor é de grande importância para o estabelecimento inicial da cultura e para a obtenção de altas produtividades (Cardoso et al., 2012).

De acordo com Lunelli (2012), a tendência atual do sistema de exploração agrícola tem sido aumentar a produtividade das culturas associada às reduções nos custos de produção. Contudo, a escassez de informações relacionadas às exigências nutricionais pode limitar a obtenção de altas produtividades dessa cultura e interferir, diretamente, na quantidade e qualidade do óleo produzido pelas sementes.

No Brasil, o estudo da cultura do crambe iniciou-se em 1995 no estado do Mato Grosso do Sul pela Fundação MS. O principal objetivo seria o desenvolvimento da cultura como cobertura de solo para plantio direto, entretanto os resultados eram inferiores quando comparados com a cultura do nabo forrageiro. A produção de grãos era satisfatória, porém, não havia mercado. Com o estímulo à produção e uso de biodiesel, o crambe voltou a ser avaliado por possuir boas possibilidades de produção nesta região. Sendo assim, foram retomados os trabalhos de pesquisa, que culminaram com a recomendação desta como uma das principais leguminosas da produção do biodiesel. A partir de então, obteve-se o registro da cultivar FMS Brilhante pela Fundação MS (Pitol et al., 2008). Na Tabela 2 são apresentadas as principais características da cultivar brasileira FMS Brilhante.

Tabela 2. Descrição das principais características agrônômicas da cultivar crambe (*Crambe abyssinica*) FMS Brilhante.

Características	Descrição
Altura média	80 cm
Aspecto da planta	Herbáceo
Ciclo Total	90 dias
Ciclo (Início do Florescimento)	35 dias
Cor da flor	Branca
Tipo de fruto	Cápsula
Cor do grão	Marrom Claro
Tamanho do grão	2 mm
Teor de óleo	36 a 38 %
Produtividade	1000 a 1500 kg/há

FONTE: Fundação MS (2010)

O crescimento do crambe é ereto, com altura entre 70 e 90 cm (Tabela 1). Possui o ciclo anual curto, suas flores são brancas, numerosas e pequenas. O grão pequeno é redondo, revestido com uma casca cinza (Souza et al., 2009).

Os estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais (Triângulo Mineiro), e Mato Grosso são, atualmente, os maiores produtores de crambe no Brasil. As empresas que atuam na compra e no esmagamento do crambe no Brasil, são a Caramuru (Unidade Itumbiara/Goiás), e a Granol (Unidade de Oswaldo Cruz- SP) (Silva, 2013).

### **Coprodutos da cultura do Crambe**

A variação no processo de extração do óleo gera coprodutos com características diferentes. A torta é o resultante da extração mecânica, com uma concentração de óleo em torno de 19 %, apresentando, assim, um valor energético superior ao farelo. Esse último é obtido a partir da extração com solvente, sendo mais eficiente na remoção do óleo (Fundação MS, 2010).

A caracterização dessas tortas e farelos da cultura do crambe é de extrema importância na avaliação da viabilidade de uso dessa nova oleaginosa (Souza et al., 2009).

Os teores de PB acima de 20%, encontrados nas tortas e farelos de crambe, sugerem que esses coprodutos sejam classificados como concentrados proteicos, podendo, então, substituir fontes de alimentos proteicos como, farelo de soja, caroço e torta de algodão, dentre outros(Fundação MS, 2010).

O farelo de crambe foi estudado como fonte de proteína para a alimentação de bovinos (Perry et al., 1979), por ser rico em aminoácidos como a cisteína, metionina, lisina e treonina, que são deficientes em outras oleaginosas (Goes, et al., 2010).A Tabela 3 apresenta o perfil de aminoácidos do farelo de crambe e do farelo de soja.

Tabela 3. Análises de aminoácidos do farelo de crambe e soja \*

Aminoácidos	Farelo Crambe	Farelo Soja
Alanina	3,81	4,29
Arginina	6,06	7,27
Ácido aspártico	6,74	11,78
Cisteína	2,84	0,93
Ácido glutâmico	15,9	18,63
Glicina	4,74	4,3
Histidina	2,51	2,55
Isoleucina	3,82	4,58
Lisina	5,01	6,43
Metionina	1,69	1,13
Fenilalanina	3,93	5,01
Prolina	6,16	-
Serina	3,63	5,45
Treonina	4,08	3,93
Tirosina	2,75	3,75
Valina	4,59	4,58

Fonte: Anderson, et al. (2000) \*gramas de aminoácidos por 100 gramas de proteína

No farelo ocorre a concentração do teor proteico para 33% e redução do extrato etéreo para 1,99%, indicando este ser o coproduto de maior interesse na alimentação de ruminantes (Souza et al., 2010).

Na Tabela 4, é apresentada a composição bromatológica da torta e do farelo provenientes do crambe.

Tabela 4. Composição bromatológica da torta e farelo de crambe

	Torta	Farelo
Matéria Seca (%)	91,68	89,84
Matéria Mineral (%)	5,18	5,7
Proteína Bruta (%)	29,53	37,6
Matéria Fibrosa (%)	24,83	17,94
Lipídeos (%)	19,27	2,06
Fibra em Detergente Neutro (%)	24,83	27,38
Lignina (%)	7,57	7,7

FONTE: Fundação MS (2010)

### Fatores Antinutricionais

#### Glicosinolatos

O farelo de crambe, por se tratar de novo coproduto disponível no mercado brasileiro, requer estudos para que possa referendar seu uso na alimentação animal (Souza et al., 2010). Embora apresente bom potencial, existem certas restrições quanto ao seu uso, aos quais estão relacionadas a fatores antinutricionais devido à presença dos glicosinolatos (Fundação MS, 2010).

Os glicosinolatos, segundo Knights (2002), são produtos secundários do metabolismo das plantas pertencentes ao gênero *Brassica*, família *Brassicaceae*, sendo representante o crambe (*Crambe abyssinica*), nabo (*Brassicarapa*), colza (*Brassicarapus*), entre outros. Representam grupos de metabólitos especiais, contendo enxofre, e estão, particularmente, presentes em vegetais comestíveis armazenados nos vacúolos de células vegetais (Paulino, 2008).

São moléculas biologicamente inativas, mas os produtos de sua degradação a partir da enzima mirosinase são ativos e conhecidos por apresentarem efeitos diversificados. São fisicamente separadas da enzima mirosinase, porém, a lesão dos tecidos vegetais durante o processamento ou mastigação ou mesmo o ataque microbiano no rúmex, facilita o contato entre glicosinolatos com essa enzima, ou seja, a hidrólise desse composto bioativo ocorre, tanto pela enzima presente na planta, quanto pela produzida pela microflora intestinal, liberando uma variedade de produtos da sua degradação (Tripathi & Mishra, 2007).

Em consequência a essa degradação, ocorre a liberação de distintos derivados, que são considerados tóxicos para a pecuária, causadores de danos hepáticos, e, também, redução da palatabilidade, diminuição do crescimento, diminuição da produção e perda de peso. Essas substâncias também afetam a disponibilidade de iodo, aumentando os níveis plasmáticos de

tiocinatos, que têm a propriedade de inibir a captação de iodo e diminuir a concentração de tiroxina no sangue, onde ocorrem mudanças fisiológicas e morfológicas da tireóide (Tripathi & Mishra, 2007).

Acredita-se que, em condições quentes e secas ou de déficit hídrico, exista um aumento da síntese de aminoácidos e de açúcares nas plantas, que são os precursores da biossíntese de glicosinolatos. Sendo assim, as variações climáticas entre países tropicais e temperados podem explicar as variações nos teores de glicosinolatos no farelo de crambe. Diferentes condições de extração de óleo também afetam o teor de glicosinolatos no crambe. O processamento com o uso de solventes contém maiores quantidades de glicosinolatos, quando comparados com a extração mecânica (Tripathi & Mishra, 2007).

Tripathi & Mishra (2007) também afirmaram que diferentes espécies de animais apresentam capacidades de tolerância distintas. Os ruminantes são, comparativamente, mais tolerantes à ingestão de glicosinolatos, sendo os animais adultos mais tolerantes em comparação com os animais mais jovens. A redução em glicosinolatos e seus metabólitos durante a fermentação em ruminantes pode ser devido à utilização da glicose e de porções de enxofre destes compostos por enzimas microbianas. Os efeitos deletérios dos glicosinolatos em diferentes espécies está relacionado com sua concentração na dieta.

Vários métodos de tratamento são empregados para remover ou reduzir o teor de glicosinolatos e os produtos de sua degradação, minimizando, assim, os efeitos deletérios à produção animal (Tripathi & Mishra, 2007). A ação do calor nesses alimentos compromete a produção dos derivados provenientes da hidrólise do glicosinolato, através da inativação da enzima mirosinase (Paulino, 2008).

Na Tabela 5, são apresentados os teores mínimos de glicosinolatos, que geram efeitos negativos nas diferentes espécies animais.

Tabela 5. Ingestão e efeito dos glicosinolatos nos animais.

Animal	Níveis glicosinolatos*	Efeito
Monogástricos	0,5	Nenhum efeito adverso
	3,3–4,4	Redução do consumo e crescimento
	7,7	Aumento da glândula tireoide
Ruminantes	11,0	Deficiência de iodo
	11,7–24,3	Redução consumo
	≥23,0-30,0	Redução produção de leite
	31,0	Distúrbios na glândula tireoide/ fertilidade

Fonte: Adaptado Tripathi&Mishra, (2007). (mol/g dieta)\*

Dentre esses processos existentes nas indústrias esmagadoras tem-se: cozimento, decorticagem, floculagem, condicionamento, expansão e tostagem do farelo, que reduzem o conteúdo de glicosinolatos entre 64 a 79% do valor encontrado na semente *in natura*-47,4 $\mu$ mol/g (Fundação MS, 2011).

Sendo assim, à adoção de uma tecnologia de neutralização dos glicosinolatos pode possibilitar efetivamente a utilização desse alimento em formulações de dietas para animais (Canova, 2012).

Em face do exposto, nota-se que a produção do biodiesel apresenta relevante papel no aspecto econômico, social e ambiental, proporcionando a utilização de seus coprodutos em substituição ao farelo de soja, minimizando, assim, os custos de produção. O estudo mais aprofundado desses alimentos torna-se importante, buscando definir o nível ideal de inclusão que melhore a rentabilidade do sistema, sem que os fatores antinutricionais presentes alterem o metabolismo animal.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A. L.; FILHO, J. C. S.; GODOI, A. R.; et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, supl. especial, p. 260-268, 2008.
- ANDERSON, V. L.; SLANGER, W. D.; BOYLES, S. L.; BERG, P. T. Crambe meal is equivalent to soybean meal for back grounding and finishing beef steers. **Journal Animal Science**, 1993, 71:2608-2613.
- ANUÁRIO **Estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis** 2011. Disponível em [http :www.anp.gov.br](http://www.anp.gov.br). Acesso em 10 fevereiro 2011.
- BRASIL. Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2003. **Dispõe sobre a criação do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel e sobre a adição de biodiesel ao óleo diesel**. Disponível em: <http://www.anp.gov.br>. (5 de Maio/2008).
- CANOVA, E.B. **Torta de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na alimentação de cordeiros**. Instituto de zootecnia. Tese. Fevereiro – 2012
- CARDOSO, R. B.; BINOTTI, F. F. S.; CARDOSO, E. D. Potencial fisiológico de sementes de crambe em função de embalagens e armazenamento. **Revista Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 3, p. 272-278, jul./set. 2012.
- CARRERA, R.A.B.; VELOSO, C.M.; KNUPP, L.S.; JÚNIOR, A.H.S.; DETMANN, E.; LANA, R.P. Protein co-products and by-products of the biodiesel industry for ruminants feeding. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.41, n.5, p.1202-1211, 2012
- CHIARANDA, M.; JÚNIOR, A. M. A.; OLIVEIRA, G. T. A. **Produção de biodiesel no Brasil e aspectos do PNPB. Grupo de estudo e extensão em desenvolvimento econômico e social. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’**. Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2005.
- CORREIA, B.R.; OLIVEIRA, R.L.; JAEGER, S.M.P.L.et al. Consumo, digestibilidade e pH ruminal de novilhos submetidos a dietas com tortas oriunda da produção do biodiesel em substituição ao farelo de soja. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v.63, n.2, p.356-363, 2011
- FUNDAÇÃO MS. **Crambe (*Crambe abyssinica*) – cultivar FMS Brilhante: uma boa alternativa para produção de biodiesel**. Boletim Informativo. 2008.
- GOES, R.H.T.B.; SOUZA, K. A.; PATUSSI, R.A.; et al.. Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-277, 2010.
- HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Conselho de altos estudos e avaliação tecnológica. Centro de Documentação e Informação Brasília. 2004.

KNIGHTS, S.E. Crambe Anorth Dakota case study **Rural industries Research a development corporation**, February, 2002.

LAMBERT, J. L .CLANTON, D. C.; WOLFF, I. A.;MUSTAKAS, G. C. Crambe meal protein and hulls in beef cattle rations. **Journal Animal Science**.1970, 31:601-607.

LUNELLI, E.I. **Efeitos de arranjos nutricionais de NPK na produtividade de grãos e rendimento de óleo da cultura do crambe**. Dissertação. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro 2012.

MELLO, F.O.T.; PAULILLO, L.F.; VIAN, C.E.F. O biodiesel no Brasil: panorama, perspectivas e desafios. **Informações econômicas**. v.37, n.1, p.28-40, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA ABASTECIMENTO-MAPA. **Plano Nacional de Agroenergia**. Brasília, out. 2005. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>

PAULINO, F.F. **Avaliação de Componentes Voláteis e Atividade Antioxidante em *Eruca sativa* Mill., *Brassica rapa* L. e *Raphanussativus* L. após Processamento** Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Novembro, 2008.

PERRY, T. W.; KWOLEK, W. F.; TOOKEY, H. L.; PRINCEN, L. H.; BEESON, W. M.; MOHLER, M. T. Crambe meal as a source of supplemental protein for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 4, p. 758-763, 1979.

PITOL, C; **Crambe; Crambe Abyssinica Hochst “Uma opção rentável para sua safrinha”** Fundação Mato Grosso do Sul CAR, 04p. 2009.

SOUZA, A.D.V; FÁVARO S.P.; ITAVO,L.C.V.; ROSCOE,R. Caracterização química de sementes e teor de pinhão manso, nabo forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.10, p.13, out.2009.

SILVA, R.B. **Farelo de Crambe: Composição bromatológica, degradabilidade in situ e níveis de inclusão na suplementação de bovinos de corte**.Dissertação Universidade Federal de Lavras, 2013.

SOUZA, A.L. ET AL. Casca de Café em Dietas de Vacas em Lactação: Consumo, Digestibilidade e Produção de Leite. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.34, n.6, p.2496-2504, 2005.

SOUZA, V.S; OLIVEIRA, P.B; LOUVANDINI, H; Potencial nutricional do *Crambe abyssinica* para ruminantes e seus co-produtos oriundos da obtenção do biodiesel. 47º **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**. Salvador, Bahia. 2010.

TRIPATHI, M.K; MISHRA, A.S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**. 132 (2007) 1

### 3. CONSUMO E DIGESTIBILIDADE EM BOVINOS LEITEIROS ALIMENTADOS COM FARELO DE CRAMBE (*CRAMBE ABYSSINICA*) EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA

**Resumo-** Objetivou-se avaliar os efeitos da substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de crambe (FC), na alimentação de bovinos leiteiros, através do efeito sobre o consumo e a digestibilidade das dietas. Foram utilizados quatro bovinos machos Holandês x Zebu castrados, com peso médio de 664 kg. Utilizou-se o delineamento experimental quadrado latino 4 x 4 duplo, com duração de 12 dias, sendo os primeiros 7 dias de adaptação e 5 dias de coleta. A dieta foi formulada segundo o NRC (2001), atendendo à relação volumoso:concentrado 60:40 na matéria seca (MS), tendo a silagem de milho e o feno de tifton como volumoso em todas as dietas em proporções médias fixas de 33% e 67% na MS, respectivamente. Os animais receberam quatro dietas contendo 0%, 2,8%, 6,4% e 11,0% de FC na MS da dieta, o qual representava substituição do FS em 0%, 33%, 66% e 99% por FS na MS da dieta. Os consumos de matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente ácido indigestível, proteína insolúvel em detergente neutro e proteína insolúvel em detergente ácido expressas em kg/dia, foram influenciadas pelos crescentes níveis de FC na dieta. Não foram observados efeitos ( $p>0,05$ ) dos níveis do FC para os consumos de matéria seca, matéria orgânica, fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína, fibra em detergente ácido, carboidratos não fibrosos, proteína bruta, extrato etéreo e nutrientes digestíveis totais, quando expressos em porcentagem do peso vivo (%PV), observando-se médias de 2,50%, 2,22%, 1,14%, 0,52%, 0,66%, 0,34%, 0,07% e 1,21%, respectivamente. As digestibilidades aparentes totais da fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, carboidratos não fibrosos, proteína bruta e extrato etéreo, também não foram influenciadas pelos níveis crescentes de substituição, apresentando valores médios de 41,59%, 32,55%, 73,85%, 63,65%, respectivamente. Entretanto, a digestibilidade aparente da matéria seca (46,05%) e da matéria orgânica (51,87%) reduziu-se, significativamente ( $p<0,05$ ), com o aumento da inclusão do farelo nas dietas. O FC pode substituir, integralmente, o FS, entretanto os níveis recomendados podem variar de acordo com as exigências da categoria dos animais utilizados em razão da redução das digestibilidades da matéria seca e da matéria orgânica.

Palavras - chave: coproduto, biodiesel, concentrado proteico, valor nutricional.

## **INTAKE AND DIGESTIBILITY IN DAIRY CATTLE FED WITH CRAMBE (*CRAMBE ABYSSINICA*) BRAN INSTEAD SOY BRAN**

**Abstract-**It was aimed to evaluate the effects of replacing soybean meal (FS) by bran crambe (FC) in the feeding of dairy cattle, through the effect on the intake and digestibility of diets. It was used 4 Holstein x Zebu bovines, castrated, with average weight of 664 kg. The animals were divided into experimental delineation Latin square 4 x 4 double, lasting 12 days, the first 7 days of adaptation and 5 days of collect samples. The diet was formulated according to NRC (2001) serving the relation roughage: concentrate 60:40 on dry matter (MS), with corn silage and hay as roughage in all diets, with average fixed proportions of 33% and 67% in MS, respectively. The animals received four diets containing 0%, 2.8%, 6.4% and 11.0% of bran in the diet DM crambe, which represent replacement of soybean meal at 0%, 33%, 66% and 99% by FC of the diet DM. The consumptions of MS (dry matter), MO (organic matter), FDAi (indigestible acid detergent fiber), PIDN (neutral detergent insoluble protein) and PIDA (acid detergent insoluble protein), expressed in kg/day, were influenced by growing levels of FC on diet. It was not observed levels effects of the by-product for the consumption of dry matter, organic matter, neutral detergent fiber corrected for ash and protein, acid detergent fiber, non-fiber carbohydrates, crude protein, ether extract, total digestible nutrients, when expressed in %PV, observing averages of 2,50%, 2,22%, 1,14%, 0,52%, 0,66%, 0,40%, 0,07% and 1,29%, respectively. The total apparent digestibility of neutral detergent fiber corrected for ash and protein, acid detergent fiber, non-fiber carbohydrates, crude protein, crude protein and ether extract were not affected by FC increasing levels with mean values of 41,59%, 32,55%, 73,85%, 63,65 %, respectively. However, the DMS and DMO were significantly reduced ( $p < 0.05$ ) with increasing inclusion of bran in the diet. The FC can fully replace the FS, however the recommended levels may vary according to the requirements of the class of animals used due to the reduction indigestibility of DM and MO.

Key words: by-product, biodiesel, proteic concentrate, nutritional value

## INTRODUÇÃO

No contexto atual da produção animal, a procura por novos insumos que substitua os tradicionalmente utilizados na nutrição animal está se destacando. Espera-se com isso um sistema mais rentável com aproveitamento similar dos nutrientes e desempenho animal. Para avaliação desses alimentos e sua possível substituição sem alteração no metabolismo animal, faz-se necessário o conhecimento do efeito desses no consumo e na digestibilidade das dietas.

São necessárias informações relativas às proporções das frações dos alimentos na adequação de dietas para ruminantes, bem como suas taxas de digestão, buscando maior eficiência financeira na alimentação dos animais (Goes et al., 2010).

Após o conhecimento da composição química dos alimentos (Valadares Filho et al., 2000), o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, a utilização destes nos diferentes compartimentos do trato digestivo são as estimativas que mais se aproximam do valor nutritivo dos alimentos (Mendes et al., 2005).

O consumo é controlado por fatores fisiológicos, físicos e psicogênicos (Van Soest, 1994). Segundo Mertens (1993), está em função do animal (peso vivo, nível de produção, tamanho), do alimento (FDN efetivo, volume, capacidade de enchimento, densidade energética, necessidade de mastigação) e das condições da alimentação (disponibilidade de alimentos, espaço no cocho, tempo de acesso ao alimento, frequência de alimentação).

O coeficiente de digestibilidade de uma dieta indica a quantidade de nutrientes que, realmente, estão disponíveis para o animal (Mendes et al., 2005), sendo relacionado ao teor de energia e às características estruturais dos alimentos utilizados para ruminantes. Alguns fatores podem influenciar a digestibilidade *in vivo*, entre eles o nível de consumo, o efeito associativo entre os alimentos, o processamento do alimento e a espécie animal (Kitessa et al., 1999).

De acordo com Mendes et al. (2005), o método convencional de determinação da digestibilidade, com coleta total de fezes é laborioso, e, em determinadas circunstâncias, instável. Os indicadores internos têm-se mostrado úteis e eficientes na estimativa da digestibilidade e vêm se constituindo como alternativa a coleta total e aos indicadores externos, tais como o óxido crômico ou sesquióxido de cromo (Ítavo et al., 2002).

Esses indicadores internos estão presentes no alimento e, de modo geral, permanecem uniformemente distribuídos na digesta durante o processo de digestão e excreção (Piaggio et al., 1991), representando a parte indigestível da parede celular (Mendes et al., 2005). A fibra

insolúvel em detergente neutro e a fibra insolúvel em detergente ácido são as mais utilizadas e recomendadas por pesquisadores para a estimativa da digestibilidade (Freitas et al., 2002; Pereira, 2003). Esses indicadores apresentam a vantagem de serem quantificados por análises mais simples e econômicas.

Objetivou-se, nesse trabalho, avaliar os efeitos da substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe, na alimentação de bovinos leiteiros, através do efeito sobre o consumo e a digestibilidade das dietas.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

Foram utilizados quatro bovinos machos Holandês-Zebu, castrados, fistulados no rúmex, com peso médio 664 kg. Os animais foram alojados em baias individuais, com cochos restritos para alimentação, água e suplemento mineral; cama de areia, a qual era limpa e desinfetada, diariamente, com cal virgem. Além do alojamento, diariamente estes animais tinham acesso, por duas horas, a uma área de passeio de 100m<sup>2</sup>, para movimentação.

O experimento para a determinação do consumo e digestibilidade aparente das dietas teve duração de 96 dias. Utilizou-se o delineamento experimental quadrado latino 4 x 4 duplo, consistindo de oito períodos experimentais de 12 dias, sendo os primeiros sete dias de adaptação à dieta e cinco dias de coleta (Morais et al., 2012).

As dietas foram formuladas segundo o NRC (2001) para que atendessem às exigências de manutenção, considerando a relação volumoso:concentrado 60:40 na matéria seca (MS). A silagem de milho e o feno de tifton foram usados como volumoso em todas as dietas em proporções médias fixas de 33% e 67% na MS, respectivamente. Os animais receberam quatro dietas contendo 0%, 2,8%, 6,4% e 11,0% de farelo de crambe (FC) na MS da dieta, o qual representava substituição do farelo de soja (FS) em 0%, 33%, 66% e 99% por FC na MS da dieta. Estas foram formuladas para serem isoproteicas e isoenergéticas. A composição percentual dos ingredientes utilizados nas mesmas encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6. Composição percentual dos ingredientes utilizados nas dietas com base na matéria natural

Ingredientes	Níveis de Substituição do farelo de crambe (%)			
	0	33	66	99
Silagem de Milho	43,4	43,0	42,5	42,0
Feno de Tyfton 85	30,1	29,8	29,5	29,1
Farelo de Soja	9,1	6,7	3,8	0,1
Farelo de Crambe	0,00	3,2	7,1	12,1
Fubá de milho	14,4	14,3	14,0	13,8
Suplemento vitamínico mineral	3,1	3,1	3,0	3,0

A composição nutricional dos ingredientes e das dietas experimentais são apresentadas nas Tabelas 7 e 8, respectivamente. O arraçoamento era realizado em duas refeições diárias, às 8 e 16 hs. Durante os períodos experimentais, as sobras foram retiradas e pesadas antes do fornecimento matinal das dietas, sendo ajustadas para que houvesse, aproximadamente, 10% de sobras ao dia.

Tabela 7. Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais

Itens	Silagem	Feno	Milho Moído	Farelo de Soja	Farelo de Crambe
MS (%)	29,04	87,75	83,98	94,67	91,75
MM (%MS)	6,10	8,03	1,56	6,36	6,28
MO(%MS)	93,90	91,97	98,44	93,64	93,42
PB (%MS)	6,63	9,21	8,38	44,39	32,26
EE (%MS)	2,60	2,41	4,80	2,36	0,31
PIDN (%PB)	16,40	23,09	21,91	2,83	14,17
PIDA (%PB)	15,70	14,73	5,94	0,90	5,94
FDNcp (%MS)	61,20	63,19	21,83	12,32	27,98
FDA (%MS)	28,20	26,87	1,64	6,32	16,70
FDAi (%MS)	15,10	18,49	6,81	6,43	22,76
CNF (%MS)	23,46	17,16	63,43	34,57	33,17
NDT <sup>1</sup>	57,23	55,62	87,24	81,54	58,00

Legenda: MS= Matéria Seca; MM= Matéria Mineral; MO= Matéria Orgânica; PB= Proteína Bruta; FDN= Fibra em detergente Neutro; FDA= Fibra em Detergente Ácido; EE= Extrato Etéreo; PIDN= Proteína Insolúvel em Detergente Neutro; PIDA= Proteína Insolúvel em Detergente Ácido; CIDN= Cinza Insolúvel em Detergente Neutro; CIDA= Cinza Insolúvel em Detergente Ácido; FDNcp= Fibra em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp= Fibra em Detergente Ácido corrigido para cinzas e proteína; HEM= Hemicelulose; CNF= Carboidratos Não Fibrosos; FDAi= Fibra em detergente ácido indigestível. 1: valor estimado de NDT para cálculo das dietas a partir de dados médios da literatura.

Tabela 8. Composição nutricional das dietas experimentais

Itens	0FC	33FC	66FC	99FC
MS (%)	68,42	66,85	66,21	65,41
MM (%MS)	11,87	11,42	12,99	12,24
MO (%MS)	88,13	88,58	88,13	87,77
PB (%MS)	13,65	13,50	13,44	13,38
EE (%MS)	2,75	2,72	2,58	2,74
PIDN (%PB)	12,15	15,11	15,25	15,89
PIDA (%PB)	4,92	5,43	5,47	5,56
FDNcp (%MS)	45,17	44,69	48,05	45,71
FDAcP (%MS)	18,41	19,14	21,20	21,62
FDAi (%MS)	13,27	15,19	17,07	17,43
CNF (%MS)	26,57	25,81	24,98	24,88
NDT (%MS) <sup>1</sup>	62,80	65,10	63,90	62,50
LIG (%)	11,29	12,35	13,11	15,87

Legenda: MS= Matéria Seca; MM= Matéria Mineral; MO= Matéria Orgânica; PB= Proteína Bruta; FDN= Fibra em detergente Neutro; FDA= Fibra em Detergente Ácido ; EE= Extrato Etéreo; PIDN= Proteína Insolúvel em Detergente Neutro; PIDA= Proteína Insolúvel em Detergente Ácido; CIDN= Cinza Insolúvel em Detergente Neutro; CIDA= Cinza Insolúvel em Detergente Ácido; FDNcp= Fibra em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp= Fibra em Detergente Ácido corrigido para cinzas e proteína; HEM= Hemicelulose; CEL= Celulose; CNF= Carboidratos Não Fibrosos; FDAi= Fibra em detergente ácido indigestível NDT para calculo das dietas a partir de dados médios da literatura..

Durante cada período de coleta, as amostras diárias das sobras de cada animal e da dieta fornecida eram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a  $-10^{\circ}\text{C}$ . Ao final do experimento, as amostras individuais das sobras e das dietas oferecidas foram homogêneas por animal/período, sendo, então, pré-secas a  $50^{\circ}\text{C}$ , moídas em moinho de peneira de 1 mm de malha, acondicionadas e armazenadas para análises posteriores.

Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente total dos nutrientes, amostras das fezes de cada animal foram coletadas diretamente da ampola retal. A coleta foi realizada durante cinco dias consecutivos anteriormente a alimentação da manhã e da tarde. As amostras de fezes, devidamente identificadas, foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a  $50^{\circ}\text{C}$  por 72 horas e moídas em moinho com peneira com crivos de 1 mm. A partir das amostras coletadas e moídas, obteve-se uma amostra composta por animal/período experimental, as quais foram armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

A estimativa da produção fecal foi efetuada, utilizando-se a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) como indicador interno. Dentre os indicadores obtidos, a FDAi apresentou os resultados mais homogêneos e com menor coeficiente de variação, justificando,

assim, a sua utilização na mensuração da produção fecal (Freitas et al., 2000; Ítavo et al., 2002).

A FDAi foi obtida após a incubação *in situ*, segundo método INCT-CA G (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia), conforme técnica descrita por Detmann et al. (2012). As amostras da dieta, das sobras e das fezes pré-secas foram moídas em moinho com peneira 1 mm de diâmetro e posteriormente pesadas em sacos de tecido TNT (tecido não tecido), obedecendo a relação de 20 a 25 mg de matéria seca por cm<sup>2</sup> de superfície. Os sacos de TNT foram acondicionados em sacola(s) de filó e incubados no rúmen de um animal macho fistulado, com peso médio 600 kg Holandês-Zebu, que recebia dieta basal à base de silagem de milho, feno e concentrado comercial.

O tempo de incubação foi de 264 horas para obter-se a FDAi. Os sacos foram retirados do rúmen, lavados até que a água se tornasse transparente, e, posteriormente, submetidos à secagem em estufa com ventilação forçada a 50°C por 72h.

As dietas, sobras e as fezes amostradas foram analisadas no Laboratório de Nutrição Animal (LNA) do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri- UFVJM quanto aos teores de matéria seca (MS), segundo método INCT - CA G-003/1; matéria mineral (MM), segundo método INCT-CA M-001/1; proteína bruta (PB), segundo método INCT - CA N-001/1; fibra em detergente neutro (FDN), segundo método INCT - CA F-002/1; fibra em detergente ácido (FDA), segundo método INCT - CA F-004/1, extrato etéreo (EE), segundo método INCT - CA G-004/1; proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), segundo método INCT-CA N-004/1; proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), segundo método INCT-CA N-005/1; cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN) segundo método INCT-CA M-002/1; cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA) segundo método INCT-CA M-003/1; conforme técnicas descritas por Detmann et al. (2012).

Os carboidratos totais (CT), carboidratos não fibrosos (CNF) e nutrientes digestíveis totais (NDT), foram calculados segundo Sniffen et al. (1992):  $CT = 100 - (\%PB + \%EE + \%CINZAS)$   $CNF = CT - FDN$ ;  $NDT = PB \text{ digestível} + (EE \text{ digestível} \times 2,25) + FDN \text{ digestível} + CNF \text{ digestível}$ .

O cálculo de consumo foi feito, descontando as sobras (% MS) do que era fornecido (%MS) de cada nutriente.

A produção fecal (PF) foi estimada pela fórmula:  $PF \text{ (kg/MS/dia)} = (\text{consumo de FDAi}/\%FDAi \text{ nas fezes}) \times 100$ . O cálculo da digestibilidade aparente (DA) dos nutrientes foi

realizado pela fórmula:  $DA (\%) = [(nutriente\ ingerido - nutriente\ excretado)/nutriente\ ingerido] \times 100$ , a partir da concentração de cada nutriente nas fezes, considerando-se a produção fecal.

O modelo matemático do delineamento utilizado é demonstrado abaixo.

$$Y_{kwzij} = \mu + B_w + T_z + G_j + D_i + e_{zji}$$

em que,  $Y_{kwzij}$  = observação "k" no quadrado "w" no período "z" da dieta "i" do animal "j" ;  $\mu$  = média geral;  $B_w$ =efeito de quadrado latino (w=1 e 2);  $T_z$ =efeito do período "k", ( z = 1, 2, 3, 4);  $G_j$ =efeito do animal "j", (j = 1, 2, 3, 4);  $D_i$  = efeito da dieta "i", (j = FS0, FS33, FS66 e FS99);  $e_{ij}$ = erro experimental.

A análise de variância está apresentada na Tabela 9.

Tabela 9. Análise de variância

Fonte de variação	Graus de liberdade
Total	31
Dietas	3
Período	7
Animal	7
Erro	14

Para determinação do nível ideal de substituição do FS pelo FC, foi realizado o estudo de regressão, considerando-se o nível de significância de 5% (SAS 9.0). Nos casos em que houve significância do modelo, no entanto, não obteve-se nenhuma equação de regressão significativa e foi utilizada a comparação de médias pelo teste de SNK para comparação dos resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 10 estão apresentados os consumos médios diários em quilogramas por dia (kg/dia) de MS (CMS), MO (CMO), FDNcp (CFDNcp), FDA (CFDA), FDAi (CFDAi), CNF (CCNF), PB (CPB), PIDN (CPIDN), PIDA (CPIDA), EE (CEE), NDT (CNDT) os respectivos coeficientes de variação e as equações de regressão.

Tabela 10. Consumo médio mensurados em kg/dia de bovinos alimentados com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.

Itens	Tratamentos				CV (%)	Equação de regressão	R <sup>2</sup>	P
	0	33	66	99				
	Consumo (kg/dia)							
CMN	25,00	25,40	25,59	24,30	5,60	$\hat{Y} = 25,07$		Ns
CMS	17,46 <sup>a</sup>	17,06 <sup>ab</sup>	16,90 <sup>ab</sup>	15,07 <sup>b</sup>	9,85	$\hat{Y} = 16,62$		Ns
CMO	15,60	15,19	14,92	13,26	11,3	$\hat{Y} = 16,24 - 0,0026x$	0,12	0,04
CFDNcp	7,99	7,63	8,01	6,93	10,18	$\hat{Y} = 7,64$		Ns
CFDA	3,29	3,42	3,82	3,27	25,70	$\hat{Y} = 3,45$		Ns
CFDAi	2,20 <sup>c</sup>	2,46 <sup>b</sup>	2,82 <sup>a</sup>	2,58 <sup>ab</sup>	9,24	$\hat{Y} = 2,51$		Ns
CCNF	4,71	4,99	4,18	3,89	21,73	$\hat{Y} = 4,44$		Ns
CPB	2,37 <sup>a</sup>	2,30 <sup>ab</sup>	2,28 <sup>ab</sup>	2,00 <sup>b</sup>	10,48	$\hat{Y} = 2,24$		Ns
CPIDN	2,02	2,52	2,57	2,08	11,00	$\hat{Y} = 2,06 + 0,02x - 0,0002x^2$	0,26	0,01
CPIDA	0,86	0,94	0,88	0,70	14,90	$\hat{Y} = 0,87 + 0,004x - 0,00006x^2$	0,25	0,01
CEE	0,50	0,48	0,45	0,43	10,48	$\hat{Y} = 0,46$		Ns
CNDT	9,35	8,75	7,62	6,89	17,49	$\hat{Y} = 8,07$		Ns

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, diferem (P<0,05) pelo teste de SNK..ns: não-significativo (P>0,05).

Não houve efeito ( $p > 0,05$ ) dos níveis crescentes de FC para as variáveis CMN, CFDNcp, CFDA,CCNF, CPB, CEE e CNDT, quando expressas em kg/dia, observando-se médias de 25,07kg, 7,64kg, 3,45kg, 4,44 kg, 2,24kg, 0,46kg e 8,07 kg/dia, respectivamente, para o consumo de cada nutriente (Tabela 9).

O teste de SNK mostrou haver diferenças para o CMS e CFDAi (kg/dia), entre as dietas experimentais. Os CPIDA e CPIDN (kg/dia) apresentaram comportamento quadrático e consumo máximo, com os níveis de inclusão 50% e 33,33%, respectivamente. A partir desses níveis, houve redução no consumo dessas frações, justificada pela seleção feita pelos animais, ingerindo, preferencialmente, o concentrado com maiores proporções de FS, que apresentam menores teores de PIDA E PIDN (Tabela 7).

Já o CMO (kg/dia) decresceu linearmente com a inclusão de FC nas dietas, estimando-se consumo máximo de 16,24 kg/dia, quando não há a inclusão do FC na dieta.

Esses resultados diferem-se dos encontrados por Alves et al., (2010), onde não observaram efeitos para essas variáveis ( $p > 0,05$ ) no nível mais elevado de substituição (34,8%) do FS pelo farelo de algodão, que apresenta características bromatológicas semelhantes ao FC, em dietas de vacas leiteiras, apresentando-se médias de 14,20 kg/dia, 9,05 kg/dia e 13,48 kg/dia para CMS, CDNT e CMO, respectivamente.

O desacordo entre os resultados dos trabalhos permite inferir que, o consumo de matéria seca é uma variável complexa de ser comparado, que está apta a ser influenciado por diversos fatores relacionados ao animal, alimento, condições do ambiente, que se interagem e passam a ser determinantes (Costa, et al., 2005).

Resende et al. (2008) afirmaram que, o máximo consumo voluntário do alimento está relacionado com a combinação do potencial do animal por demanda de energia e a capacidade física do trato digestório, sendo esses proporcionais ao peso e tamanho do animal.

Na tabela 11, estão apresentados os consumos médios diários em porcentagem do peso vivo (%PV) da MS (CMS), MO (CMO), FDNcp (CFDNcp), FDA (CFDA), FDAi (CFDAi), CNF (CCNF), PB (CPB), PIDN (CPIDN), PIDA (CPIDA), EE (CEE), NDT (CNDT), os respectivos coeficientes de variação e as equações de regressão.

Não foram observadas diferenças ( $p > 0,05$ ) para o CMS, CMO, CFDNcp, CFDA, CCNF, CPB, CEE e CNDT, quando expressos em % PV, apresentando-se médias de 2,50%, 2,22%, 1,14%, 0,52%, 0,66%, 0,34%, 0,07%, 1,21%, respectivamente. Dentre esses, o consumo de matéria seca é um importante parâmetro, pois estabelece a quantidade de nutrientes disponíveis para a produção e manutenção do bem estar animal (NRC,2001).

Tabela 11. Consumo médio mensurados em % PV de bovinos alimentados com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.

Itens	Tratamentos				CV (%)	Equação de regressão	R <sup>2</sup>	P
	0	33	66	99				
	Consumo (kg/ 100kg PV)							
CMS	2,63	2,59	2,52	2,27	13,15	$\hat{Y} = 2,50$		Ns
CMO	2,35	2,31	2,22	2,00	13,96	$\hat{Y} = 2,22$		Ns
CFDNcp	1,19	1,14	1,20	1,05	13,7	$\hat{Y} = 1,14$		Ns
CFDA	0,50	0,52	0,57	0,49	24,53	$\hat{Y} = 0,52$		Ns
CFDAi	0,33 <sup>b</sup>	0,37 <sup>ab</sup>	0,42 <sup>a</sup>	0,39 <sup>ab</sup>	11,66	$\hat{Y} = 0,38$		Ns
CCNF	0,70	0,75	0,62	0,59	22,54	$\hat{Y} = 0,66$		Ns
CPB	0,36	0,35	0,34	0,30	13,19	$\hat{Y} = 0,34$		Ns
CPIDN	0,30	0,38	0,38	0,31	13,88	$\hat{Y} = 0,31 + 0,003x - 0,00003x^2$	0,29	0,006
CPIDA	0,13	0,14	0,13	0,10	18,43	$\hat{Y} = 0,13 - 0,0007x - 0,00001x^2$	0,28	0,007
CEE	0,08	0,07	0,07	0,06	12,85	$\hat{Y} = 0,07$		Ns
CNDT	1,39	1,33	1,14	1,04	19,83	$\hat{Y} = 1,21$		Ns

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, diferem (P<0,05) pelo teste de SNK..ns: não-significativo (P>0,05).

Perry et al. (1979) testando também a inclusão do FC como fonte de proteína suplementar, em dietas de bovinos de corte, observaram que, no nível mais alto de inclusão do farelo na dieta (12,5% MS), houve uma redução de 15% na taxa de ganho e 5,5% na conversão alimentar. No entanto, a inclusão de 2,5% e 5,4 % na dieta não proporcionou efeito no consumo, na taxa de ganho e na conversão alimentar, todavia, mostram que não houve nenhuma resposta adversa negativa a esse nível de inclusão. Estes autores sugerem que, a utilização desse coproduto não causa efeitos negativos, quando esses estão presentes em até 8,5% MS na dieta.

Lambert et al. (1970), avaliaram a inclusão do FC como fonte proteica, em substituição ao FS (0%, 33%, 67% e 100% na MS) para novilhos de corte, onde, diferentemente do presente trabalho, observaram uma redução de 34 % no consumo de MS, a partir do aumento dos níveis de FC na dieta. Os autores atribuíram essa redução à baixa palatabilidade desse alimento, uma vez que, ao incluírem melão nas dietas, houve um aumento do consumo pelos animais.

De acordo com Canova (2012), o fator antinutricional presente no crambe (glicosinolato), pode contribuir para a alteração no consumo da MS, em razão da baixa palatabilidade desse alimento, justificando os resultados encontrados pelos autores citados acima. Essa redução da ingestão de dietas contendo glicosinolatos é devida à presença dos isotiocianatos, produto da degradação desses metabólitos, que são responsáveis pelo sabor amargo do alimento (Mithenetal, 2000).

O grau de efeito adverso dos glicosinolatos depende do nível e das composições desses e os seus produtos de degradação nas dietas. Até onível de  $11 \text{ mol.L}^{-1}$ , apresenta-se seguro, mas superior a  $11,7\text{-}24,3 \text{ mol.L}^{-1}$ , promove a redução do consumo da ração (Tripathi&Mishra, 2007).

Uma vez que o farelo de crambe, utilizado nesse experimento, foi submetido a duas fases de incidência de temperatura, sendo uma fase por injeção de vapor aonde a massa do produto chega a  $75^{\circ}\text{C}$  e outra fase de tostagem, chegando a  $105^{\circ}\text{C}$ , sugere-se que os níveis de glicosinolatos, se presentes no crambe, não foram suficientes para influenciar na aceitabilidade, de forma a afetar o consumo, explicando, assim, os resultados observados nesse trabalho.

Não houve efeito no CFDNcp ( $P>0,05$ ) expresso em % PV, apresentando média de 1,14%. A semelhança na proporção de volumoso em todos os tratamentos podem explicar esse comportamento, e as diferenças obtidas entre os teores de FDNcp do FS e do FC

presentes no concentrado, não foram suficientes para alterar o consumo desta fração nutricional (Tabela 6). Para o CFDAi, observa-se, pelo teste de SNK, que houve diferenças entre os tratamentos. Já os níveis de CNF nas dietas variaram de 20,97 a 26,19 %, sendo inferiores aos recomendados pelo NRC (2001), de 32 a 43%.

Embora as dietas experimentais fossem calculadas de forma a serem isoproteicas e não terem diferido quanto ao CPB ( $P > 0,05$ ), os CPIDA E CPIDN, elevaram-se, quadraticamente, em função da adição de FC nas mesmas, onde os consumos máximos foram obtidos para os níveis de 50% e 35% de inclusão do FC no concentrado. Esse efeito pode ser atribuído ao aumento substancial nos níveis dessa fração, em razão dos maiores níveis de substituição (Tabela 7).

Os consumos de EE e NDT (%PV) não apresentaram significância ( $p > 0,05$ ). A ausência de efeito para o consumo de NDT pode ser explicada, pois todas as dietas eram isoproteicas e isoenergéticas, o que proporcionou aos animais a ingestão semelhante de proteína e energia. Desse modo, pode-se inferir, a partir desses resultados, que o controle de ingestão dos animais foi relacionado com a FDN das dietas.

Existe uma forte relação entre a FDN e a regulação do consumo, que pode ser explicada pelas características de baixa densidade e de degradação mais lenta, quando comparada aos componentes do conteúdo celular (Van Soest, 1994). Nesse caso, o animal consome alimento até atingir a capacidade máxima de ingestão de FDN, havendo, assim, um limite da distensão ruminal que determina a interrupção da ingestão voluntária (Araujo et al., 1998). Essa distensão ruminal está relacionada a um conjunto de receptores sensível presentes na parede ruminal que sinalizam saciedade, a partir do aumento de ingestão de alimentos (Forbes, 1940).

Além disso, as dietas experimentais apresentaram teores de NDT abaixo de 65%, teor que representa o ponto de regulação entre o efeito físico e energético no consumo (Forbes, 1940).

Na tabela 12, estão apresentados os consumos médios diários em quilogramas por unidade de tamanho metabólico, ( $\text{g/kg}^{0,75}$ ) de MS (CMS), MO (CMO), FDN<sub>cp</sub> (CFDN<sub>cp</sub>), FDA (CFDA), FDAi (CFDAi), CNF (CCNF), PB (CPB), PIDN (CPIDN), PIDA (CPIDA), EE (CEE), NDT (CNDT), os respectivos coeficientes de variação e as equações de regressão.

Tabela 12. Consumo médio mensurado em g/kg<sup>0,75</sup> de bovinos alimentados com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.

Itens	Tratamento				CV (%)	Equação de regressão	R <sup>2</sup>	P
	0	33	66	99				
	Consumo g/kg <sup>0,75</sup>							
CMS	133,50	131,10	128,30	115,20	12,25	$\hat{Y} = 127,02$		Ns
CMO	119,20	116,80	113,20	101,40	13,17	$\hat{Y} = 112,65$		Ns
CFDNcp	60,70	58,12	60,80	53,06	12,72	$\hat{Y} = 58,17$		Ns
CFDA	25,68	26,36	28,98	25,02	24,82	$\hat{Y} = 26,51$		Ns
CFDAi	16,77	18,85	21,39	19,75	10,93	$\hat{Y} = 16,97 + 0,13x - 0,001x^2$	0,16	0,044
CCNF	35,77	37,99	31,61	29,71	22,16	$\hat{Y} = 33,77$		Ns
CPB	18,17	17,73	17,32	15,32	12,85	$\hat{Y} = 17,13$		Ns
CPIDN	15,43	19,36	19,36	15,91	13,38	$\hat{Y} = 15,78 + 0,0017x - 0,0017x^2$	0,28	0,007
CPIDA	6,59 <sup>ab</sup>	7,23 <sup>a</sup>	6,70 <sup>ab</sup>	5,30 <sup>b</sup>	15,47	$\hat{Y} = 6,45$		Ns
CEE	3,81	3,73	3,42	3,29	12,31	$\hat{Y} = 3,56$		Ns
CNDT	70,77	67,47	57,88	52,93	19,16	$\hat{Y} = 61,61$		Ns

Médias seguidas de letras diferentes na mesma linha, diferem (P<0,05) pelo teste de SNK. ns: não-significativo (P>0,05).

Os consumos expressos em  $\text{g/kg}^{0,75}$  apresentaram comportamento semelhante aos expressos em %PV, onde não foram observados influência dos tratamentos para as variáveis CMS ( $127,02\text{g/kg}^{0,75}$ ), CMO ( $112,65\text{g/kg}^{0,75}$ ), CFDNcp ( $58,17\text{g/kg}^{0,75}$ ), CFDA ( $26,51\text{g/kg}^{0,75}$ ), CCNF( $33,77\text{g/kg}^{0,75}$ ), CPB ( $17,13\text{g/kg}^{0,75}$ ), CEE ( $3,56\text{g/kg}^{0,75}$ ), CNDT ( $61,61\text{g/kg}^{0,75}$ ).

De acordo com ARC (1980), o CMS apresentou-se acima dos valores de referência, no entanto, observou-se no experimento, o aumento gradativo do peso dos animais, sendo esse fator responsável pelo maior consumo desses animais.

Para os CFDAi e CPIDN, observou-se efeito quadrático, onde o máximo consumo esteve relacionado a 65% e 50% de substituição do FC pelo FS, respectivamente.

A quantidade de nutrientes absorvida pelo animal depende da relação entre o consumo e a digestibilidade (Reis & Da Silva, 2011). Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente total estimados pela FDAi, da MS (DMS), MO (DMO), PB (DPB), FDNcp (DFDNcp), FDA (DFDA), CNF (DCNF), EE (DEE), assim como seus coeficientes de variação e suas equações de regressão ajustadas, são mostradas na tabela 13.

A DMS (46,05%) decresceu, linearmente, com o aumento dos níveis do FC ( $P < 0,05$ ). A digestibilidade dos nutrientes está relacionada com a cinética e a taxa de passagem da digesta pelo aparelho digestivo, enquanto o consumo está mais relacionado com fatores ligados ao ambiente, ao animal e às características do alimento (Reis & Da Silva, 2011).

Dessa forma, os fatores que comprometem o fluxo da digesta no rúmen podem interferir, diretamente, na digestibilidade dos nutrientes. Adicionalmente, sugere-se que, a redução na digestibilidade da MS pode estar relacionada ao elevado teor de FDA e de lignina, presente nas dietas com FC (Tabela 7). As dietas com 0% de inclusão do coproduto apresentavam teores de ligninas da ordem de 11,29%. Quando esse foi gradativamente incluído na dieta, esses teores aumentaram para 12,35%; 13,11%; 15,87% (Tabela 7).

A lignina é formada por polímeros complexos de compostos fenólicos, derivados dos ácidos fenólicos e sinápticos. De modo geral, são conceituados como polímeros condensados. Sua composição, estrutura e quantidade variam de acordo com a idade da planta, a origem botânica e os fatores ambientais (Júnior et al., 2007). É reconhecida como um dos principais componentes responsáveis pela inibição da digestibilidade da matéria seca (Van Soest, Jung & Vogel, 1986, Fukushima et al., 1999), sendo assim, as características da parede celular FC podem estar relacionadas com a limitação da digestibilidade dos nutrientes dietéticos.

Tabela 13. Coeficientes de digestibilidade aparente total de bovinos leiteiros alimentados com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja

Itens	Tratamentos				%CV	Equação Regressão	R <sup>2</sup>	P
	0	33	66	99				
	Digestibilidade (%)							
DAMS	52,38	45,65	42,54	43,64	9,35	$\hat{Y}=49,30 - 0,0827x$	0,18	0,0168
DAMO	58,15	52,20	48,15	48,99	7,99	$\hat{Y} = 55,14 - 0,0863x$	0,20	0,0114
DAPB	63,74	56,28	57,35	59,99	15,12	$\hat{Y} = 59,34$		Ns
DAFDNcp	47,44	41,11	41,71	36,12	19,26	$\hat{Y} = 41,59$		Ns
DAFDA	39,34	31,33	28,61	30,91	35,83	$\hat{Y} = 32,55$		Ns
DACNF	75,23	78,73	70,39	71,06	12,70	$\hat{Y} = 73,85$		Ns
DAEE	64,90	61,40	58,87	69,44	11,92	$\hat{Y} = 63,65$		Ns
NDT	53,00	49,00	47,00	45,00	15,79	$\hat{Y} = 48,50$		Ns

ns: não-significativo (P&gt;0,05)

Outras hipóteses são mensuradas, tais como: o seu efeito tóxico aos microrganismos fibrolíticos, a limitação da ação das enzimas fibrolíticas, resultante da deposição dos polímeros de lignina com a maturidade da planta, e o impedimento físico causado pela ligação polissacarídeo-lignina, o que limitaria o acesso das enzimas (Júnior et al., 2003).

Lambert et al., (1979) desenvolveram ensaios de digestibilidade com dietas a base de feno como volumoso com os níveis de substituição do FC pelo FS (0%, 33%, 66%, 99%). Houve diferença significativa para a digestibilidade da MS, apresentando média de valores de 57,50% para dietas com a inclusão do coproduto e 56,60% para dieta à base de FS.

Pode-se inferir que, apesar dos níveis de digestibilidade da MS terem decrescido com o aumento do coproduto nas dietas, esse comportamento não chegou a interferir no consumo, sendo esse parâmetro mais relevante no desempenho dos animais. De acordo com Crampton et al. (1960), entre 60 a 90% da variação na ingestão de energia digestível está relacionada às variações no consumo, e apenas 10 a 40 % ligadas à digestibilidade, sendo esses dois fatores responsáveis pela resposta produtiva dos animais.

A suplementação com o FC afetou negativamente a DMO, que decresceu linearmente ( $p < 0,05$ ) ( $\hat{Y} = 55,14 - 0,0863x$ ), estimando-se digestibilidade mínima de 46,66%, quando há 100% de inclusão do FC nas dietas.

Observa-se na Tabela 7, que participação da PIDN (proteína complexada à parede celular e por isso de lenta degradação) e da PIDA (proteína menos disponível e/ou indisponível, ligada à celulose e lignina), aumentou de acordo com o incremento dos níveis de FC na dieta, entretanto, não foram suficientes para reduzir, significativamente, a digestibilidade da fração proteica. A ausência de efeito das dietas sobre o DAPB ( $p > 0,05$ ), onde foi observada média de 59,35%, permite inferir que o FC, oriundo da produção do biodiesel, pode substituir o FS em até 99% no concentrado, sem apresentar alterações na digestibilidade da PB. Provavelmente, o FS e o FC apresentaram características de digestibilidade proteica semelhante, tendo um bom aproveitamento e contendo uma proteína de boa qualidade para os animais.

Para a DFDNcp e DFDA, não foram observados efeitos dos níveis de substituição do FS pelo FC ( $p > 0,05$ ), indicando que as diferenças entre as frações das fibras das dietas não interferiram na sua digestibilidade, mesmo com as dietas com FC apresentando maiores concentrações de FDA e lignina (Tabela 7).

Observa-se redução numérica na DFDA. No entanto, não foram significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ) ao nível de 5% de significância. Esse fato, possivelmente pode ser

justificado pela grande variabilidade ocorrida nos tratamentos para esta variável (CV: 35,83), ocultando, assim, um possível efeito de tratamento.

Não foi observado efeito ( $P > 0,05$ ) da substituição do FS pelo FC nas DCNF, DAEE e no teor de NDT das dietas. Sugere-se, que a ausência de diferença observada para estas variáveis, possa estar relacionada à diluição da composição químico-bromatológica dos ingredientes na dieta final (Tabela 6 e Tabela 7), ao qual manteve-se somente para o FDA. No entanto, especificamente para os teores de NDT das dietas, a variável FDA não participa da equação de cálculo.

## **CONCLUSÃO**

O FC apresenta potencial para substituir integralmente o FS, em dietas para bovinos leiteiros. No entanto, sua recomendação deve ser baseada na categoria animal a ser alimentada, uma vez que houve efeito na digestibilidade da MO e MS.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, A.F.A.; ZERVOUDAKIS, J.T.; ZERVOUDASKIS, L.K. et al. Substituição do farelo de soja por farelo de algodão de alta energia em dietas para vacas leiteiras em produção: consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio e produção leiteira. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, n.3, p.532-540, 2010.
- ARAÚJO, G.G.L.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C.; ET AL. Consumo e Digestibilidade Total dos Nutrientes de Dietas Contendo Diferentes Níveis de Volumoso, em Bezerros. **Revista Brasileira Zootecnia.**, v.27, n.2, p.345-354, 1998.
- CANOVA, E.B. **Torta de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na alimentação de cordeiros**. Instituto de Zootecnia. Tese. Fevereiro – 2012
- COSTA, M.A.L.; FILHO, S.C.V.; PAULINO, M.F.; ET AL. Desempenho, Digestibilidade e Características de Carcaça de Novilhos Zebuínos Alimentados com Dietas Contendo Diferentes Níveis de Concentrado. **Revista Brasileira Zootecnia** v.34, n.1, p.268-279, 2005.
- DETMANN, E.; QUEIROZ, A.C.; CECON, P.R. ET AL. Consumo de Fibra em Detergente Neutro por Bovinos em Confinamento. **Revista Brasileira Zootecnia.**, v.32, n.6, p.1763-1777, 2003.
- DETMANN, E. ; SOUZA, M. A. ; VALADARES FILHO, S. C. ; QUEIROZ, A. C. ; BERCHIELLI, T. T. ; SALIBA, E. O. S. ; CABRAL, L. S. ; PINA, D. S. ; LADEIRA, M. M. ; AZEVEDO, J.A.G. . **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.214p.
- FORBES, J.M. **Voluntary food intake and diet selection in farm animals**. 1.ed. Leeds: CAB International, 1995.
- FREITAS, D.; BERCHIELLI, T.T.; SILVEIRA, R.N. Consumo e digestibilidade aparente total e parcial de rações com cana-de-açúcar raspa de mandioca ensilados com polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1531-1542, 2002.
- FUKUSHIMA, R.S. MAGALHÃES ROSA, A.J. LIMA, C.G. CUNHA, J.A. Comparação entre dois métodos analíticos para determinação da lignina de algumas gramíneas forrageiras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.34, n.6, p.1025-1030, jun. 1999
- GOES, R.H.T.B.; SOUZA, K. A.; PATUSSI, R.A.; et al. Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**. Maringá, v. 32, n. 3, p. 271-277, 2010.
- ÍTAVO, L.C.V.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.F. et al. Comparação de Indicadores e Metodologia de Coleta para Estimativas de Produção Fecal e Fluxo de digesta em Bovinos. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.31, n.4, p.1833-1839, 2002
- JUNG H. G. & VOGEL K. P. Influence of Lignin on Digestibility of Forage Cell Wall Material. **Journal Animal Science**.1986, 62:1703-1712.

KITESSA, S.; FLINN, P.C.; IRISH, G.G. Comparison of methods used to predict the *in vivo* digestibility of feeds in ruminants. **Australian Journal Agriculture Research** v.50, p.825-841, 1999.

LAMBERT, J. L .CLANTON, D. C.; WOLFF, I. A.;MUSTAKAS, G. C. Crambe meal protein and hulls in beef cattle rations. **Journal animal Science**.1970, 31:601-607.

MITHEN, R.F., DEKKER, M., VERKERK, R., RABOT, S., JOHNSON, I.T., 2000.The nutritional significance, biosynthesis and bioavailability of glucosinolates in human foods. **Journal Science Food Agriculture**. 80, 967–984.

MENDES, A.R.; ET AL. Consumo e Digestibilidade Total e Parcial de Dietas Utilizando Farelo de Girassol e Três Fontes de Energia em Novilhos Confinados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.2, p.679-691, 2005.

MERTENS, D.R. **Rate and extent of digestion**. In: FORBES,J.M.; FRANCE, J. (Eds.) Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism.2.ed. Wallingford: CAB International, 1993. p.13-51.

MORAIS, M.G.; GOMES, C.S.L.1B; LEMPP, B.; ET AL., Consumo e digestibilidade de nutrientes em bovinos submetidos a diferentes níveis de uréia. **Arquivo Zootecnia**. 62 (238): 239-246. 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - **NRC. Nutrient requirements of dairy cattle**.7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.

PERRY, T. W.; KWOLEK, W. F.; TOOKEY, H. L.; PRINCEN, L. H.; BEESON, W. M.; MOHLER, M. T. Crambe meal as a source of supplemental protein for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 4, p. 758-763, 1979.

PEREIRA, M.L.A. **Proteína nas dietas de vacas nos terços inicial e médio da lactação**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 105p. Tese (Doutorado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, 2003.

PIAGGIO, L.M.; PRATES, E.R.; PIRES, F.F. et al. Avaliação das cinzas insolúveis em ácido, fibra em detergente ácido indigestível e lignina em detergente ácido indigestível como indicadores internos da digestibilidade. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20,n.3, p.306-312, 1991.

RESENDE, K.T.; SILVA, H.G.O.; LIMA, L.D.; et al Avaliação das exigências nutricionais de pequenos ruminantes pelos sistemas de alimentação recentemente publicados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, *suplemento especial* p.161-177, 2008.

SAS-Statistical Analyses System. **Statistical analysis system user's guide**. Cary: SAS Institue INC., 1999.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; Van SOEST, P.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

TRIPATHI, M.K; MISHRA, A.S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**. 132 (2007) 1–27.

VALADARES FILHO, S.C., BRODERICK, G.A., VALADARES, R.F.D. et al. 2000.Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on nutrient utilization and milk production. **J. Dairy Sci.**, 83:106-114.

VAN SOEST,P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. p.35-336.

WERNERSBACH FILHO, L.; CAMPOS, J.M.S.; ASSIS, A.J. ET AL. Consumo, digestibilidade aparente e desempenho de vacas leiteiras alimentadas com concentrado processado de diferentes formas. **R. Bras. Zootec.**, v.35, n.3, p.1228-1235, 2006.

#### **4. PARÂMETROS SANGUÍNEOS DE BOVINOS LEITEIROS ALIMENTADOS COM FARELO DE CRAMBE (*CRAMBE ABYSSINICA*) EM SUBSTITUIÇÃO AO FARELO DE SOJA**

**Resumo-** Objetivou-se avaliar a substituição do farelo de soja (FS) pelo farelo de crambe (FC), em dietas de bovinos leiteiros, através do efeito dos fatores antinutricionais do FC no metabolismo e na função hepática dos animais. Foram utilizados quatro bovinos machos Holandes-Zebu, com peso médio de 664 kg, alojados em baias individuais. Utilizou-se o delineamento experimental em quadrados latinos 4 x 4 duplo, consistindo de 8 períodos experimentais de 12 dias, sendo os primeiros 11 dias de adaptação à dieta e 1 dia de coleta. A dieta foi formulada segundo o NRC (2001), atendendo a relação volumoso:concentrado 60:40 na matéria seca (MS), tendo como volumosos silagem de milho e feno de tifton, em proporções médias fixas de 33% e 67% na MS, respectivamente. Os animais receberam quatro dietas contendo 0%, 2,8%, 6,4% e 11,0% de FC na MS da dieta, o qual representava substituição do FS em 0%, 33%, 66% e 99% por FC na MS da dieta. Foram coletadas amostras de sangue através de punção da veia coccígea no 12º dia de cada período experimental. Após a coleta, as amostras foram centrifugadas e o soro sanguíneo acondicionado em tubos Eppendorf e congelados a -17°C para posteriores análises para detecção dos níveis das T4 livre e TSH, e a atividade sérica das enzimas hepáticas aspartato amino transferase, gama-glutamyltransferase, transaminase glutâmica pirúvica. Não houve diferença ( $P>0,05$ ) na avaliação das atividades séricas enzimáticas em nenhum dos tratamentos analisados, sendo os valores médios de gama-glutamyltransferase de 39,03U/L., aspartato aminotransferase e de 68,34 U/L., e transaminase glutâmica pirúvica de 24.781 U/L. Também não ocorreram diferenças ( $P>0,05$ ) para os níveis de T<sub>4</sub> livre (1,27 uUI/mL). Para os teores de TSH, houve maior tendência de resultados na faixa de valores inferiores a 0,008 uUI/mL. O uso do FC não causou transtornos metabólicos hepáticos, bem como efeitos negativos na atividade tireoidiana.

Palavras-chave: coprodutos, hormônios, enzimas hepáticas, fator antinutricional

#### 4. BLOOD PARAMETERS OF DAIRY CATTLE FED WITH CRAMBE BRAN (CRAMBE ABYSSINICA) IN SUBSTITUTION OF THE SOY BRAN

**Abstract-**It was aimed to evaluate the effects of the replacement of soy bran (FS) by the crambe bran (FC), in the feeding of dairy cattle, through the effect of antinutritional factors of FC on Thyroid hormones and the liver function of animals. It was used 4 crossbred Holstein x Zebu bovines, castrated, with average weight of 664 kg. The animals were divided into experimental delineation latin square 4 x 4 double, consisting of 8 experimental periods of 12 days, being the first 11 days of adaptation and one day collection. The diet was formulated according to NRC (2001) serving the relation roughage: concentrate 60:40 on dry matter (MS), having roughage as corn silage and tifton hay in average fixed proportions of 33% and 67% in MS, respectively. The animals received four diets containing 0%, 2.8%, 6.4% and 11.0% of bran in the diet DM crambe, which represented replacement of soybean meal at 0% (0FC), 33% (33FC), 66% (66FC) and 99% (99FC) by Bran Crambe of the diet DM. Blood samples were collected by puncture of the coccygeal vein on the 12<sup>th</sup> day of each experimental period. After collection, the samples were centrifuged and the serum blood stored in eppendorf tubes and frozen at -17°C for further analysis to detect the levels of T4 and TSH, and serum activity of liver enzymes aspartate aminotransferase, gamma-glutamyltransferase, glutamic-pyruvic transaminase. There was no difference ( $P > 0.05$ ) in the evaluation of hepatic enzymes activities in any of the treatments, and the average values of gamma-glutamyltransferase of 39,03 U/L., aspartate aminotransferase of 68,34 U/L., and glutamic-pyruvic transaminase of 24.781 U/L. Also did not cause significant differences ( $P > 0.05$ ) between levels of free T4 (1,27 uUI/mL). For the levels of TSH, there was a greater tendency results in the range of values less than 0,008 uUI/mL. The use of crambe bran does not cause hepatic metabolic disorders, as well as negative effects on thyroid activity.

Key-words: by-products, hormones, liver enzymes, anti-nutritional factor

## INTRODUÇÃO

Os coprodutos oriundos da cadeia de produção do biodiesel são caracterizados como concentrados proteicos, pois provêm de sementes oleaginosas. A possível inclusão desses resíduos nas dietas de animais pode trazer uma série de benefícios, tanto no desempenho do animal, quanto no sistema de produção. No entanto, poucas são as informações na literatura sobre a utilização desses alimentos.

Os coprodutos resultantes da retirada do óleo do crambe (*Crambe abyssinica*) podem ser utilizados como um ingrediente alimentar para bovinos (Liu et al., 1993). Todavia, a principal limitação da utilização dos coprodutos do crambe na alimentação de animais é seu alto nível de glicosinolatos (Lambert et al, 1970; Perry et al, 1979), gerando problemas de saúde, como bócio, por inibição na absorção de iodo e alterações na função hepática. Dentre os exames realizados para a avaliação da função hepática, destacam-se a atividade sérica de aspartato aminotransferase (AST), gama-glutamilttransferase (GGT) e de transaminase glutâmica pirúvica (ATL). Quando seus níveis estão aumentados no sangue, é possível que esteja ocorrendo uma doença hepática ativa.

Esses compostos bioativos representam um dos maiores grupos de metabólitos especiais contendo enxofre e são encontrados em vegetais comestíveis (Paulino, 2008).

No processo de extração existente nas agroindústrias ocorre a inativação da enzima que provoca efeitos deletérios aos animais. Essa inativação sucede pelo efeito das elevadas temperaturas aplicadas ao produto no seu processamento (Hentz, 2010). Sendo assim, a avaliação de parâmetros sanguíneos favorece a investigação de problemas relacionados a distúrbios metabólicos oriundos da utilização dos coprodutos do crambe.

Objetivou-se avaliar a substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe em dietas de bovinos leiteiros, através do efeito dos fatores antinutricionais do farelo de crambe no metabolismo do iodo nos animais e na função hepática.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados quatro bovinos machos Holandês-Zebu, castrados, fistulados no rumem, com peso médio 664 kg. Os animais foram alojados em baias individuais com cochos restritos para alimentação, água e suplemento mineral; cama de areia, a qual era limpa e

desinfetada diariamente com cal virgem. Além do alojamento, diariamente estes animais tinham acesso, por duas horas, a uma área de passeio de 100m<sup>2</sup>, para movimentação.

O experimento para a determinação destas variáveis teve duração de 96 dias. Utilizou-se o delineamento experimental quadrado latino 4 x 4 duplo, consistindo de quatro períodos experimentais de 12 dias, sendo 11 dias de adaptação à dieta e 1 de coleta.

A dieta foi formulada segundo o NRC (2001), para que atendesse às exigências de manutenção, considerando a relação volumoso:concentrado 60:40 na matéria seca (MS). A silagem de milho e o feno foi usada como volumoso em todas as dietas, em proporções médias fixas de 33% e 67% na MS, respectivamente. Os animais receberam quatro dietas contendo 0%, 2,8%, 6,4% e 11,0% de farelo de crambe (FC) na MS da dieta, o qual representava substituição do farelo de soja (FS) em 0%, 33%, 66% e 99% por farelo de crambe na MS da dieta. Estas foram formuladas para serem isoproteicas e isoenergéticas. A composição percentual dos ingredientes utilizados nas mesmas encontra-se na Tabela 14.

Tabela 14. Composição percentual dos ingredientes utilizados nas dietas com base na matéria natural

Ingredientes	Níveis de Farelo de Crambe (%)			
	0	33	66	99
Silagem de Milho	43,4	43,0	42,5	42,0
Feno de Tyfton 85	30,1	29,8	29,5	29,1
Farelo de Soja	9,1	6,7	3,8	0,1
Farelo de Crambe	0,00	3,2	7,1	12,1
Fubá de milho	14,4	14,3	14,0	13,8
Suplemento vitamínico mineral	3,1	3,1	3,0	3,0

O arraçoamento era realizado em duas refeições diárias, às 8 e 16 hs. Durante os períodos de experimentais, as sobras eram retiradas e pesadas antes do fornecimento diário do alimento, sendo ajustadas para que houvesse, aproximadamente, 10% sobras ao dia. A composição nutricional dos ingredientes e das dietas experimentais é apresentada nas Tabelas 15 e 16, respectivamente.

Para a determinação do possível efeito dos níveis de glicosinolatos no metabolismo do iodo nos animais, assim como os efeitos da substituição da fonte proteica na dieta dos mesmos na função hepática, foram coletadas amostras de sangue através de uma punção da veia coccígea no 14º dia de cada período experimental, utilizando-se agulhas e seringas descartáveis e com tubo acelerador de coagulação.

Tabela 15. Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais

Itens	Silagem	Feno	Milho Moído	Farelo de Soja	Farelo de Crambe
MS (%)	29,04	87,75	83,98	94,67	91,75
MM (%MS)	6,10	8,03	1,56	6,36	6,28
MO(%MS)	93,90	91,97	98,44	93,64	93,42
PB (%MS)	6,63	9,21	8,38	44,39	32,26
EE (%MS)	2,60	2,41	4,80	2,36	0,31
PIDN (%PB)	16,40	23,09	21,91	2,83	14,17
PIDA (%PB)	15,70	14,73	5,94	0,90	5,94
FDNcp (%MS)	61,20	63,19	21,83	12,32	27,98
FDA (%MS)	28,20	26,87	1,64	6,32	16,70
FDAi (%MS)	15,10	18,49	6,81	6,43	22,76
CNF (%MS)	23,46	17,16	63,43	34,57	33,17
NDT <sup>1</sup>	57,23	55,62	87,24	81,54	58,00

Legenda: MS= Matéria Seca; MM= Matéria Mineral; MO= Matéria Orgânica; PB= Proteína Bruta; FDN= Fibra em detergente Neutro; FDA= Fibra em Detergente Ácido; EE= Extrato Etéreo; PIDN= Proteína Insolúvel em Detergente Neutro; PIDA= Proteína Insolúvel em Detergente Ácido; CIDN= Cinza Insolúvel em Detergente Neutro; CIDA= Cinza Insolúvel em Detergente Ácido; FDNcp= Fibra em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp= Fibra em Detergente Ácido corrigido para cinzas e proteína; HEM= Hemicelulose; CNF= Carboidratos Não Fibrosos; FDAi= Fibra em detergente ácido indigestível. 1: valor estimado de NDT para cálculo das dietas a partir de dados médios da literatura.

Após a coleta, as amostras foram centrifugadas e o soro sanguíneo acondicionado em tubos Eppendorfe congelados a -17°C, para posterior análise através de kits comerciais para detecção dos níveis das TSH e T4, e a atividade sérica das enzimas hepáticas aspartato aminotransferase (AST), gama-glutamilttransferase (GGT), transaminase glutâmica pirúvica (ATL), com procedimentos experimentais em laboratório especializado.

O modelo matemático do delineamento utilizado é apresentado abaixo, e a tabela 16 apresenta a análise de variância do delineamento estudado.

$$Y_{kwzj} = \mu + B_w + T_z + G_j + D_i + e_{zji}$$

em que,  $Y_{ijk}$  = observação "k" no quadrado "w" no período "z" da dieta "i" do animal "j" ;  $\mu$  = média geral;  $B_w$ =efeito de quadrado latino ( $w=1$  e  $2$ );  $T_z$  = efeito do período "k", ( $z = 1, 2, 3, 4$ );  $G_j$ =efeito do animal "j", ( $j = 1, 2, 3, 4$ );  $D_i$  = efeito da dieta "i", ( $j = FS0, FS33, FS66$  e  $FS99$ );  $e_{ij}$ = erro experimental.

Para determinação do nível ideal de substituição da proteína do FS pelo FC, foi realizado o estudo de regressão, considerando-se o nível de significância de 5% (SAS 9.0).

Tabela 16. Composição nutricional das dietas experimentais

Itens	0FC	33FC	66FC	99FC
MS (%)	68,42	66,85	66,21	65,41
MM (%MS)	11,87	11,42	12,99	12,24
MO (%MS)	88,13	88,58	88,13	87,77
PB (%MS)	13,65	13,50	13,44	13,38
EE (%MS)	2,75	2,72	2,58	2,74
PIDN (%PB)	12,15	15,11	15,25	15,89
PIDA (%PB)	4,92	5,43	5,47	5,56
FDNcp (%MS)	45,17	44,69	48,05	45,71
FDAcp (%MS)	18,41	19,14	21,20	21,62
FDAi (%MS)	13,27	15,19	17,07	17,43
CNF (%MS)	26,57	25,81	24,98	24,88
NDT (%MS) <sup>1</sup>	62,80	65,10	63,90	62,50
LIG (%)	11,29	12,35	13,11	15,87

Legenda: MS= Matéria Seca; MM= Matéria Mineral; MO= Matéria Orgânica; PB= Proteína Bruta; FDN= Fibra em detergente Neutro; FDA= Fibra em Detergente Ácido; EE= Extrato Etéreo; PIDN= Proteína Insolúvel em Detergente Neutro; PIDA= Proteína Insolúvel em Detergente Ácido; CIDN= Cinza Insolúvel em Detergente Neutro; CIDA= Cinza Insolúvel em Detergente Ácido; FDNcp= Fibra em Detergente Neutro corrigido para cinzas e proteína; FDAcp= Fibra em Detergente Ácido corrigido para cinzas e proteína; HEM= Hemicelulose; CEL= Celulose; CNF= Carboidratos Não Fibrosos; FDAi= Fibra em detergente ácido indigestível NDT para cálculo das dietas a partir de dados médios da literatura..

Tabela 17 – Análise de variância

Fonte de variação	Graus de liberdade
Total	31
Dietas	3
Período	7
Animal	7
Erro	14

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 18, estão apresentados os resultados das atividades das enzimas hepáticas.

Não houve diferença ( $P>0,05$ ) na avaliação das atividades séricas enzimáticas em nenhum dos tratamentos analisados, sendo os valores médios de GGT de 39,03 U/L (CV 58,33%); AST de 68,34 U/L (CV 23,66%) e ALT de 24,781 U/L (CV 16,19%).

Tabela 18. Atividades das enzimas GGT, AST e ALT de bovinos alimentados com de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.

Itens	Tratamentos				CV (%)	Equação de regressão
	0	33	66	99		
Níveis						
GGT	30,13	37,13	58,50	30,38	58,33	$\hat{Y} = 39,03$
AST	64,00	73,75	72,88	62,75	23,66	$\hat{Y} = 68,28$
ALT	24,88	24,75	24,88	24,63	16,19	$\hat{Y} = 24,78$

GGT: Gama-glutamilttransferase, AST: aspartato-aminotransferase, ALT: alanina aminotransferase.

Apesar dos valores observados de GGT e AST não terem sido influenciados pelas dietas ( $P>0,05$ ), esses encontraram-se fora do intervalo de referência recomendado para animais adultos da espécie bovina, (11 a 24 U/L) e (78-132 U/L), respectivamente (Meyer et al., 1995). Entretanto, os animais dos quatro tratamentos apresentaram-se fora da faixa ideal, inclusive os que receberam dieta sem a inclusão do coproduto. Deve-se considerar que fatores como a espécie animal, a raça, a idade, o sexo, o sistema de criação podem interferir nos níveis destas enzimas, sem estar associados a fatores patológicos (Souza et al., 2004).

Os resultados encontrados por Souza et al. (2004) corroboram com a afirmação que outros fatores, além dos presentes nos alimentos, podem influenciar nos níveis enzimáticos. Concluíram que existe grande variabilidade entre raças, onde encontraram médias de  $(33,26 \pm 19,08 \text{ U/L})$  para raça holandesa e  $(33,11 \pm 19,46 \text{ U/L})$  para Jersey para a enzima GGT. Já a AST apresentou médias de  $(49,27 \pm 17,87 \text{ U/L})$  para Jersey e para raça Holandesa  $(34,76 \pm 10,61 \text{ U/L})$ .

As enzimas específicas do fígado diferem entre as espécies. Para bovinos adultos, a GGT e a AST são as mais úteis na identificação de lesões hepáticas (Santos et al., 2008).

Já para a atividade da ALT, os valores médios de todos os tratamentos mantiveram-se dentro do padrão fisiológico (14-38 U/L) citados por Meyer et al. (1995). Este achado corrobora com os outros indicadores, que o FC não provocou danos às funções hepáticas.

Nunes et al. (2010) também não encontraram diferenças significativas para a atividade desta enzima (6,40 U/L), quando avaliaram a condição hepática de cordeiros alimentados com torta de dendê, também um subproduto do biodiesel, e a sua atividade média para todas as dietas também mantiveram-se dentro do intervalo de referência.

De acordo com Scheffer & González (2006), a ALT atua em tecidos com metabolismo ativo de aminoácidos, como o fígado, rins, músculo esquelético e miocárdio. De maneira geral, pode ser considerada uma enzima indicadora de lesão hepática em primatas, cães, gatos, coelhos e ratos. No entanto, em suínos, equinos, bovinos, ovinos e caprinos, a ALT tem pouco valor diagnóstico, quando avaliada sozinha, uma vez que é encontrada em concentrações muito baixas no fígado dessas espécies (Souza et al., 2004).

As enzimas ALT e AST foram estudadas por Canova (2012) com o objetivo de avaliarem a substituição do FS pela torta de crambe em cordeiros nos níveis 0%, 22%, 44% e 64% sobre os parâmetros hepáticos e não foram observados efeitos dos crescentes níveis de substituição nas enzimas analisadas, apresentando-se médias de 13,45U/L e 74,13U/L para ALT e AST, respectivamente.

A existência de inúmeros fatores causadores de variabilidade fisiológica nos valores bioquímicos do soro sanguíneo dos bovinos, tais como o sistema de criação, alimentação, clima ou idade dificultaram uma comparação entre os valores de referência da função hepática apresentados na literatura nacional. Tal fato corrobora com a afirmação feita por Souza et al. (2004).

Para análise dos dados de tireotrofina (TSH), fez-se necessário o uso da estatística descritiva dos dados. Foram atribuídos três intervalos diferentes de valores para melhor entendimento e discussão, uma vez que o exame não conseguiu detectar valores abaixo de 0,008 UI/mL, impossibilitando, assim, o uso da estatística quantitativa para análise desses dados. Além disso, a literatura consultada não reporta valores de referência desse parâmetro para bovinos.

No entanto, o TSH é o regulador da atividade tireoidiana. A secreção deste é regulada pelo TRH, que por sua vez é influenciado pelos hormônios tireoidianos (T3 e T4), que por meio de *feedback* negativo, inibem a síntese do hormônio liberador de tireotrofina (TRH) pelo hipotálamo, e, conseqüentemente, inibem a liberação do TSH na glândula hipófise. A incapacidade de secretar quantidades adequadas de hormônios tireoidianos promove frequentemente, o aumento da glândula tireoide, uma disfunção conhecida como bócio. Essa patologia está relacionada com o metabolismo do iodo (molécula importante para síntese dos

hormônios T3 e T4) e determinados compostos presentes em alguns alimentos, como os glicosinolatos, podem interferir na captação de iodo pela glândula tireoide, comprometendo a síntese desses hormônios (Cunningham & Klein, 2007).

A tabela 19 apresenta a distribuição dos resultados de TSH encontrados nos diferentes tratamentos.

Tabela 19. Distribuição dos valores de tireotrofina de bovinos alimentados com farelo de crumbe em substituição ao farelo de soja, de acordo com os tratamentos experimentais (0%, 33%, 66% e 99%).

Tratamentos	% de Valores		
	< 0,008	$\geq 0,008$ e $\leq 0,015$	$\geq 0,015$ e < 5,396
0	25%	38%	38%
33	13%	13%	75%
66	25%	50%	25%
99	0%	63%	38%
	N° observações		
Geral	14	13	5

Após análise descritiva dos dados, observou-se que 43,75% dos valores estavam abaixo do limite de detecção do exame (valores inferiores a 0,008 uUI/mL). O segundo intervalo obteve-se, aproximadamente, 41% dos resultados ( $>0,008$  e  $< 0,015$  uUI/mL). Os 16% restantes apresentaram valores discrepantes ( $>0,015$  e  $<5,396$  uUI/mL).

No entanto, o comportamento desses valores não pode ser atribuído às diferentes dietas testadas, haja vista que todos os tratamentos encontraram-se distribuídos nos três intervalos, com exceção do tratamento 99 FC, ausente no intervalo  $<0,008$  uUI/mL. Portanto, pode-se inferir que a inclusão do FC na dieta não foi responsável pelos valores discrepantes observados.

As propriedades antinutricionais advindas da degradação de glicosinolatos estão relacionadas com a liberação de goitrinas e de tiocianato, como agentes goitrogênicos. A goitrina inibe a oxidação do iodeto a iodo, interferindo na biossíntese das tiroxinas T3 e T4. Os ânions tiocianato agem como inibidores competitivos de iodeto, impedindo a absorção pela tireoide (Paulino, 2008), comprometendo, assim, a captação de iodo por essa glândula (Tripathi & Mishra, 2007).

Diante do exposto, podemos inferir que em condições normais os valores de TSH são inversamente proporcionais aos dos hormônios tireoidianos. Nesse estudo, observa-se que houve grande porcentagem de resultados na faixa de valores baixos, de maneira que podemos inferir que a adição de FC não interferiu na função tireoidiana.

Os valores referentes ao hormônio tireoidiano T4 livre estão apresentados na Tabela 20.

Tabela 20. Valores de tiroxina livre (uUI/mL) de bovinos alimentados com de farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.

Itens	Tratamentos				CV(%)	Equação de regressão
	0	33	66	99		
Níveis						
T4 livre	1,24	1,29	1,26	1,31	11,54	$\hat{Y} = 1,27$

Não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) entre as dietas para os níveis de T<sub>4</sub> livre. A literatura é carente de dados para a tiroxina livre, entretanto esses valores seguem o descrito acima e apresentam-se abaixo dos valores de referência da forma não ligada (3,6-8,9 uUI/mL) (Meyer 1995).

Anderson et al. (2000) observaram que os hormônios tireoidianos não foram influenciados pelo FC (6,26 μ mol/g) na alimentação de vacas de corte. Os autores ressaltaram que, os efeitos negativos do glicosinato na atividade goitrogênica variam em função do tipo de processamento recebido pelo FC e mesmo ao teor elevado de iodo na dieta. Os glicosinatos interferem no metabolismo do iodo necessário para síntese de hormônios tireoidianos. Sendo assim, teores elevados desse mineral nas dietas podem compensar esse efeito negativo.

De acordo com Tripathi & Mishra, (2007) níveis acima de 31 μ mol/g de glicosinatos no crambe, comprometem o funcionamento normal dos hormônios acarretando, assim, distúrbios na glândula tireoide. Vários métodos foram testados para desintoxicar o FC, dentre eles o tratamento com água quente, tentando amenizar os efeitos antinutricionais dos glicosinatos (Pereira et al., 1981).

Os sintomas relacionados com a ingestão de níveis tóxicos de glicosinatos, como o aumento clínico da glândula tireoide (bócio), sinais dermatológicos (alopecia) e sinais neuromusculares (fraqueza muscular) não foram observadas nos animais durante todo período experimental.

Estas observações associadas aos resultados encontrados para enzimas hepáticas e hormônios ligados a função da tireoide, demonstraram que os glicosinatos, se presentes no FC, não propiciaram efeito negativo para os animais submetidos aos quatro tratamentos.

## **CONCLUSÃO**

O FC pode substituir em até 99% o FS, sem que haja mudanças na atividade tireoidiana e na função hepática de bovinos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, V.L.; CATON, J.S.; KIRSCH, J. D.; REDMER, D. A.; et al .Effect of crambe meal on performance, reproduction, and thyroid hormone levels in gestating and lactating beef cows. **Journal Animal Science** 2000, 78:2269-2274.
- CANOVA, E.B. **Torta de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) na alimentação de cordeiros.**Instituto de zootecnia. Tese. Fevereiro – 2012.
- CUNNINGHAM, James G..**Tratado de Fisiologia Veterinária.** 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- HENTZ, F. **Avaliação da inclusão do farelo de canola em dieta de ruminantes.** Dissertação Universidade Federal de Santa Maria. Julho 2010.
- MEYER, D.J.; COLES, E.H.; RICH, L.J. **Medicina de Laboratório Veterinária.** Interpretação e Diagnóstico. Tradução e revisão científica Paulo Marcos Oliveira. – São Paulo: Roca, 1995.
- SOUZA ET AL. Influence of breed factor on the hepatic function in Holstein and Jersey cattle. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science** (2004) 41:306-312.
- SANTOS ET AL. Patogênese, sinais clínicos e patologia das doenças causadas por plantas hepatotóxicas em ruminantes e eqüinos no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**28(1):1-14, janeiro 2008.
- PEREIRA ET AL. Nutritional Evaluation of Processed Crambe Meal for Rats. **Journal Animal Science**1981, 53:1278-1285
- LAMBERT, J. L .ET AL. Crambe meal protein and hulls in beef cattle rations. **Journal animal science**1970, 31:601-607.
- LIU, Y.G., Steg, A. and Hindle, V.A., 1993. Crambe meal: a review of nutrition, toxicity and effect of treatments. **Anim. Feed Sci. Technol.**, 41: 133-147.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.**7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 381p.
- NUNES, A.L.S.; OLIVEIRA, R.L. AYRES, M.C. et al. Condição hepática de cordeiros mantidos com dietas contendo torta de dendê proveniente da produção de biodiesel. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.39, n.8, p.1825-1831, 2010.
- PAULINO, F.F. **Avaliação de Componentes Voláteis e Atividade Antioxidante em *Eruca sativa* Mill., *Brassica rapa* L. e *Raphanussativus* L. após Processamento** Dissertação. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Novembro, 2008.

PERRY, T. W.; KWOLEK, W. F.; TOOKEY, H. L.; PRINCEN, L. H.; BEESON, W. M.; MOHLER, M. T. Crambe meal as a source of supplemental protein for growing-finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 4, p. 758-763, 1979.

SAS-Statistical Analyses System. **Statistical analysis system user's guide**. Cary: SAS Institute INC., 1999.

TRIPATHI, M.K; MISHRA, A.S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**. 132 (2007) 1–27.

## **CONCLUSÃO GERAL**

O FC pode ser incluído, integralmente, nas dietas de bovinos leiteiros, sem que haja efeitos no consumo ou transtornos metabólicos. Entretanto, de acordo com as exigências da categoria do animal utilizada, a recomendação desses níveis deve ser reavaliada, uma vez que houve redução na digestibilidade da MS e da MO.