

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO  
JEQUITINHONHA E MUCURI**

**ADRIANO OLIVEIRA CRUZ**

**FARELO DE CRAMBE NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS F1 HOLANDÊS X  
ZEBU**

**DIAMANTINA - MG  
2015**

ADRIANO OLIVEIRA CRUZ

**FARELO DE CRAMBE NA ALIMENTAÇÃO DE VACAS F1 HOLANDÊS X ZEBU**

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*.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Roseli Aparecida dos Santos

DIAMANTINA - MG  
**2015**

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

C957f	<p>Cruz, Adriano Oliveira Farelo de crambe na alimentação de vacas F1 Holandês x Zebu / Adriano Oliveira Cruz. – Diamantina: UFVJM, 2015. 49 p. : il.</p> <p>Orientador: Roseli Aparecida dos Santos Coorientador: Gustavo Henrique de 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. bovinocultura. 2. digestibilidade. 3. Crambe abyssinica. 4.coproducto. 5. proteína microbiana. I. Título. II. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri.</p> <p style="text-align: right;"><b>CDD 636.2</b></p>
-------	--

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

ADRIANO OLIVEIRA CRUZ

**FARELO DE CRAMBE NA ALIMENTAÇÃO DE  
VACAS F1 HOLANDÊS X ZEBU**

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 29/06/2015

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

  
Prof. Gustavo Henrique de Frias Castro – UFVJM  
Coorientador

  
Pesq. José Reinaldo Mendes Ruas – EPAMIG

  
Prof. Aldrin Vieira Pires – UFVJM

  
Prof. Severino Delmar Junqueira Villela – UFVJM

DIAMANTINA – MG  
2015

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, José Eustáquio e Vilma, pelo apoio, incentivo, amor e pelos ensinamentos em minha vida.

À minha esposa, Elaine por todo amor, carinho, apoio e compreensão.

Aos meus irmãos, Eider e Fabrício (*in memoriam*) pelo incentivo e exemplo.

Aos meus sobrinhos, Cassiano, Lauro, Gabriel e Isabela, pela luz e alegria em minha vida.

Dedico este trabalho.

## **AGRADECIMENTO**

À Deus, por ter me dado força, saúde, oportunidade e perseverança para conquistar meus objetivos.

À minha família, pelos exemplos e companheirismo.

Aos meus sogros, Anadora e Dirceu, por todo apoio, paciência e suporte fornecido durante meu curso.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, por me abrir as portas e permitir a realização deste trabalho.

À Professora Roseli, por todo apoio, compreensão e sábia orientação.

Ao Professor Gustavo, por confiar em meu potencial e me dar a chance de mostrá-lo.

Ao Professor Aldrin, pela paciência e dedicação para análise dos resultados.

Ao Professor Severino pela participação na elaboração final do trabalho.

Ao Pesquisador José Reinaldo, pela presteza e apoio dado antes e durante a fase experimental na EPAMIG.

Aos funcionários da EPAMIG de Felixlândia, em especial Arismar, Geraldo, Pereira e Wilton por toda ajuda fornecida durante a realização do experimento.

Aos funcionários da UFVJM, Elizângela, Sr. Pedro e Elizzandra, pelo apoio dado durante o curso.

À Professora Darcilene e à mestranda Kariny, pelo auxílio nas análises laboratoriais.

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

E a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

Adriano Oliveira Cruz, filho de José Eustáquio Cruz e Vilma Souza Oliveira Cruz, nasceu em 19 de junho de 1985, na cidade de Belo Horizonte, MG, Brasil.

Em agosto de 2005, ingressou na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM), graduando-se no curso de Zootecnia em novembro de 2012.

Em maio de 2013, 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 junho de 2015, submeteu-se aos exames finais de defesa de dissertação, para a obtenção do título de *Magister Scientiae* em Zootecnia.

## RESUMO

Cruz, Adriano Oliveira Cruz. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, junho de 2015. 49p. **Farelo de crambe na alimentação de vacas F1 Holandês x Zebu.** Orientadora: Roseli Aparecida dos Santos. Coorientador: Gustavo Henrique de Frias Castro. Dissertação (Mestrado em Zootecnia).

Objetivou-se avaliar o consumo, a digestibilidade, a produção de leite, a síntese de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio em vacas leiteiras no terço médio de lactação, alimentadas com dietas contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), situada na cidade de Felixlândia, Minas Gerais, Brasil. Foram utilizadas 20 vacas multíparas, F1 Holandês x Zebu, no terço médio de lactação. O experimento teve duração de 27 dias, sendo os primeiros 20 dias para adaptação à dieta e os últimos sete dias para coleta de dados. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos se basearam na substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe no concentrado, nos níveis de 0, 25, 50, 75 e 100%. Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos diferentes níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe para as variáveis de consumo. A digestibilidade aparente da matéria seca sofreu efeito linear decrescente. Não houve efeito significativo para produção e composição do leite. Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) para a síntese de proteína microbiana. Nitrogênio excretado na urina e nitrogênio ureico plasmático, sofreram efeito linear decrescente ( $P\leq 0,05$ ). Portanto, o nitrogênio retido e o balanço de nitrogênio aumentaram, à medida que se aumentou também a substituição. O farelo de soja pode ser substituído em sua totalidade pelo farelo de crambe na alimentação de vacas F1 Holandês x Zebu.

**Palavras-chave:** Bovinocultura. *Crambe abyssinica*. Coproduto. Digestibilidade. Proteína microbiana.

## ABSTRACT

CRUZ, Adriano Oliveira. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, June of 2015. 49p. **Crambe meal in feeding F1 Holstein x Zebu cows**. Adviser: Roseli Aparecida dos Santos. Committee members: Gustavo Henrique de Frias Castro. Dissertation (Master's degree in Animal Science).

The objective was to evaluate intake, digestibility, milk production, microbial protein synthesis and nitrogen balance in dairy cows in mid lactation, fed diets containing crambe meal replacing soybean meal. The experiment was conducted at the Experimental Farm of EPAMIG (Agricultural Research Company of Minas Gerais), located in the city of Felixlândia, Minas Gerais, Brazil. Were used 20 multiparous F1 Holstein x Zebu cows in the mid lactation. The experiment lasted 27 days, with the first 20 days for adaptation and the last seven days for data collection. The experimental design was completely randomized, consisting of five treatments and four replications. The treatments were based on replacing soybean meal with crambe meal in the concentrate at levels of 0, 25, 50, 75 and 100%. There was no significant effect ( $P > 0.05$ ) from different replacement levels of soybean meal by crambe meal for consumption variables. Apparent digestibility of dry matter had a decreasing linear effect. There was no significant effect on milk yield and composition. There was no significant effect ( $P > 0.05$ ) for microbial protein synthesis. Nitrogen excreted in the urine and plasma urea nitrogen, suffered a decreasing linear effect ( $p \leq 0.05$ ). Therefore, retained nitrogen and nitrogen balance increased, as is also increased replacement. Soybean meal can be replaced in its entirety by crambe meal in feed for F1 Holstein x Zebu cows.

**Key words:** Cattle. *Crambe abyssinica*. Coproduct. Digestibility. Microbial protein.

## SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO GERAL.....	10
2.REVISÃO DA LITERATURA.....	10
2.1Biodiesel.....	10
2.2Crambe ( <i>Crambe abyssinica</i> ).....	11
2.3Síntese de proteína microbiana.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
3. CAPÍTULO I.....	20
3.1 - CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO DE LEITE DE VACAS F1 HOLANDÊS x ZEBU ALIMENTADAS COM FARELO DE CRAMBE.....	20
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	23
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32
4. CAPÍTULO II.....	34
4.1- SÍNTESE DE PROTEÍNA MICROBIANA E BALANÇO DE NITROGÊNIO EM VACAS F1 HOLANDÊS x ZEBU ALIMENTADAS COM FARELO DE CRAMBE.....	34
RESUMO.....	34
ABSTRACT.....	35
INTRODUÇÃO.....	36
MATERIAL E MÉTODOS.....	37
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
CONCLUSÕES.....	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
5.CONCLUSÕES GERAIS.....	49

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A revolução industrial datada do final do século 18 e início do século 19 foi um importante passo para o desenvolvimento econômico e melhoria dos padrões de vida da humanidade, mas criou-se uma dependência de fontes de energia. Estima-se que o uso de energia para transportes no mundo deverá aumentar, em média, 1,8% ao ano entre 2005 e 2035 (ATABANI *et al.*, 2012). Com esse aumento de demanda de energia e a crescente preocupação mundial com os problemas ambientais gerados com a queima de combustíveis fósseis, o biodiesel aparece como uma opção e o coloca como centro das atenções e interesses do meio agroindustrial (ABDALLA *et al.*, 2008).

Diversas são as matérias primas para a fabricação de biodiesel no Brasil, mas a mais utilizada é a soja. Como o óleo de soja é também utilizado na alimentação humana, outras culturas ganham destaque nesse cenário, tais como o crambe. Este é uma planta originária do mediterrâneo, e suas sementes podem apresentar teor de lipídeos de até 44% da matéria seca (SOUZA, 2009). Desse total, cerca de 60% é constituído de ácido erúico (LIU *et al.*, 1993). Por conter elevado teor de ácido erúico em sua constituição, o óleo de crambe não pode ser utilizado na alimentação humana, devido à sua toxicidade, sendo destinado somente à indústria.

A semente do crambe, além de alto teor de óleo, tem também alto teor de proteína. Desta forma, após a extração do óleo, espera-se que o teor de proteína permaneça ou aumente no coproduto desse processo. Pelo fato de o farelo de soja ter um alto valor agregado, o resíduo de crambe da indústria de biodiesel (torta e farelo) aparece como alternativa para substituição do farelo de soja na alimentação de ruminantes, com o objetivo de diminuir os custos de produção. Além disso, a utilização dos subprodutos da agroindústria do biodiesel possibilita retirar estes do ambiente, diminuindo possíveis impactos negativos.

Assim, o objetivo com esse trabalho foi avaliar o consumo, a digestibilidade, o desempenho, a síntese de proteína microbiana e o balanço de nitrogênio em vacas leiteiras no terço médio da lactação, alimentadas com dietas contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Biodiesel

Biodiesel é um combustível biodegradável derivado de fontes renováveis, que pode ser obtido por diferentes processos, tais como craqueamento, esterificação ou transesterificação.

Pode ser produzido a partir de óleos vegetais comestíveis e não comestíveis, gorduras animais e óleos residuais (óleo de fritura de resíduos) (HOLANDA, 2007; BANANI *et al.*, 2015)

O processo de fabricação do biodiesel se dá através da transesterificação, a glicerina é separada da gordura ou óleo vegetal. O processo gera ésteres, glicerina, além de coprodutos (torta, farelo, etc.), que podem constituir outras fontes de renda importantes para a indústria (ABDALLA *et al.*, 2008).

No Brasil, as regiões Centro-Oeste e Sul são as maiores produtoras de biodiesel do país, com produções no mês de janeiro de 2015 de 133 e 127 m<sup>3</sup>, respectivamente (SOARES e PINTO, 2015). Dentre as matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel nacional, destaca-se o óleo de soja, que representa 74,72% de toda a produção do biodiesel (SOARES e PINTO, 2015), bem como outras sementes de plantas oleaginosas.

## **2.2. Crambe (*Crambe abyssinica*)**

O crambe foi introduzido no Brasil pela Fundação MS em 1995, mas só despertou o interesse dos produtores para sua produção em 2003 (PITOL *et al.*, 2012). O crambe é uma planta de inverno, de ciclo anual, da família Brassicaceae, originária do Mediterrâneo, sendo cultivada na África, Ásia, Europa, Estados Unidos, México e América do Sul. Apresenta como principais características elevada concentração de óleo e proteína (SOUZA *et al.*, 2009; GOES *et al.*, 2010). A cultura do crambe ocorre no período de safrinha (outono/inverno) em que há um déficit de matéria-prima para produção de biodiesel, pois as principais culturas utilizadas para esse fim são anuais, principalmente de ciclo primavera/verão, tornando-se assim, uma excelente alternativa para a produção de biodiesel nesse período (COLODETTI *et al.*, 2012).

O plantio e a colheita são mecanizados, o que facilita o manejo da cultura. O plantio é feito de modo direto, sem dessecação de área, com produção média de 1000 a 1500 kg/ha/ano (PITOL *et al.*, 2009), mas pode chegar a 1900 kg/ha/ano (PITOL *et al.*, 2012). A principal destinação da produção do crambe é para as indústrias.

O crambe tem sido largamente estudado pelo fato de ser uma fonte de óleo rica em ácido erúico, fonte de proteína alternativa para alimentação animal em certas regiões e como uma cultura alternativa para os produtores de biodiesel (CARLSON *et al.*, 1983). O ácido erúico é um ácido graxo de cadeia longa, com expressiva importância industrial, usado como lubrificante, inibidor da corrosão, ingrediente na manufatura da borracha sintética, isolante elétrico e para a confecção de películas plásticas e agentes da flutuação (RURAL SEMENTES, 2012).

O crambe diferencia-se das demais culturas oleaginosas pelo fato de seu óleo ter somente fins industriais e não ser utilizado na alimentação humana. A constituição das sementes

sem cascas é de 46% de óleo, porém 60% da composição desse óleo é composto por ácido erúcido (LIU *et al.*, 1993; PITOL *et al.*, 2012).

O ácido erúcido não deve ser utilizado na alimentação humana, pois pode causar alterações no tecido cardíaco. Não há muitos estudos sobre os efeitos do ácido erúcido em ruminantes, mas Beare-Rogers *et al.* (1974) estudaram a alteração do miocárdio de ratos alimentados com óleo de colza, contendo níveis altos e baixos de ácido erúcido, mostrando que ambas as dietas foram associadas com necrose e fibrose cardíacas.

Por se tratar de um novo coproduto disponível no mercado, requer uma série de estudos quanto ao seu emprego na alimentação animal, bem como, o percentual ideal de substituição a fim de não comprometer o consumo, o metabolismo e o desempenho animal (SOUZA *et al.*, 2010), principalmente por estar atribuída a esta oleaginosa, a presença de glicosinolatos em sua composição.

Os glicosinolatos, segundo Knights (2002), são produtos secundários do metabolismo das plantas pertencentes à família Brassicaceae, como o crambe, nabo (*Brassica rapa*) e a colza (*Brassica rapus*). Esse composto não deve ultrapassar o nível de 0,1% na ração, uma vez que, por ação da enzima mirosinase, formam-se compostos com atividade goitrogênicas, interferindo no metabolismo do iodo e de outros processos metabólicos (ANDRIGUETTO *et al.*, 2002). O farelo de crambe apresenta um nível significativo de proteína de alta qualidade, bem equilibrada e digestível em sua composição, mas depende da detoxificação do farelo para a remoção do glicosinolato (LIU *et al.*, 1993).

Canova (2012) relatou que em ruminantes, o glicosinolato é facilmente degradado pelos microrganismos ruminais. Herculano (2013) estudou os efeitos da substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe na alimentação de bovinos leiteiros sobre a interferência do glicosinolato nos hormônios tireoidianos e na função hepática. Foi constatado em seu estudo que até 99% de substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe na dieta, não há efeitos sobre os hormônios tireoidianos ou na função hepática dos animais.

Dentre os alimentos proteicos disponíveis para a alimentação animal, a soja é o mais utilizado (VASCONCELOS *et al.*, 2010), tornando-se então necessário, o estudo mais detalhado do perfil aminoacídico do farelo de crambe para que ele possa substituir o farelo de soja em momentos de escassez ou preço em alta no mercado, sem que o fornecimento de aminoácidos aos animais seja prejudicado. Liu *et al.* (1993) citaram que comparando o teor de aminoácidos contendo enxofre (Met + Cis) no farelo de soja e farelo de crambe, o farelo de crambe contém aproximadamente 4,2 a 4,7 g/100 g de PB e o farelo de soja contém cerca de 2,9 g/100 g de PB. Essa afirmação está de acordo com Anderson *et al.* (1993) os quais mostram

que tanto o teor de metionina como o de cistina é maior no farelo de crambe do que no farelo de soja, como mostrado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição aminoacídica do farelo de crambe e do farelo de soja

Aminoácido <sup>1</sup>	Farelo de crambe	Farelo de soja
Alanina	3,81	4,29
Ácido aspártico	6,74	11,28
Ácido Glutâmico	15,9	18,63
Arginina	6,06	7,27
Cistina	2,84	0,93
Fenilalanina	3,93	5,01
Glicina	4,74	4,30
Histidina	2,51	2,55
Isoleucina	3,82	4,58
Lisina	5,01	6,43
Metionina	1,69	1,13
Prolina	6,16	-
Serina	3,63	5,45
Tirosina	2,75	3,75
Treonina	4,08	3,93
Valina	4,59	4,58

<sup>1</sup> gramas de aminoácido por 100 gramas de proteína

Fonte: Anderson *et al.* (1993).

A alimentação de vacas em lactação merece atenção especial principalmente em relação ao balanço entre síntese de proteína microbiana e degradação ruminal de proteína, pois assim consegue-se maximizar a produção de leite e a eficiência de uso de nitrogênio, reduzindo a sua excreção no ambiente (BERCHIELLI *et al.*, 2011).

A utilização do crambe na alimentação animal vem sendo testada para comprovar sua eficiência no fornecimento de nutrientes essenciais aos animais, como por exemplo, a proteína. Canova *et al.* (2015) avaliaram o efeito da substituição de 0, 22, 44 e 64% da proteína do farelo de soja pela proteína da torta de crambe em dieta de cordeiros. Dentre as diversas avaliações, constataram que com o aumento dos níveis de substituição do farelo de soja pela torta de crambe houve diminuição da digestibilidade da fração fibrosa da dieta e do consumo voluntário da matéria seca. Os autores recomendaram sua utilização na alimentação de cordeiros, pois apesar dos efeitos negativos, a torta de crambe garantiu aporte energético e a utilização da proteína na dieta foi similar ao farelo de soja. O mesmo resultado da utilização da proteína foi confirmado no trabalho de Anderson *et al.* (1993) que testou quatro dietas com diferentes fontes de proteína (100% farelo de soja; 67% farelo de soja e 33% farelo de crambe; 33% farelo de soja e 67%

farelo de crambe e 100% farelo de crambe) na alimentação de novilhas mestiças, onde também constatou-se que a substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe foi eficaz.

Segundo Berchielli *et al.* (2011), o aumento no teor da proteína bruta na ração pode reduzir a deficiência de aminoácidos e aumentar a produção de leite, mas com o excesso, o custo da dieta irá aumentar, reduzirá a eficiência de uso de nitrogênio e pode reduzir a fertilidade.

De acordo com o NRC (2001), as concentrações necessárias de lisina e metionina na proteína metabolizável, para manutenção e produção de proteína do leite devem ser respectivamente, 7,2 e 2,4%.

A proporção de lisina e metionina na proteína microbiana é ideal para a necessidade de resposta do animal, pois, de modo geral, a proteína microbiana tem qualidade superior à proteína de fontes comerciais. Mas em vacas de alta produção de leite, a proteína microbiana não supre toda a exigência de proteína metabolizável que o animal necessita, então a proteína não degradada no rúmen completa o déficit de aminoácidos. O uso de aminoácidos protegidos da degradação ruminal, em dietas de animais de alta produção, é desejável, pois a maioria das fontes de proteína apresenta perfil de lisina e metionina abaixo do recomendado (BERCHIELLI *et al.*, 2011). Alcançar as concentrações ideais da maioria dos aminoácidos limitantes na proteína metabolizável é o primeiro passo para balancear os aminoácidos na dieta (NRC, 2001).

### **2.3. Síntese de proteína microbiana**

A medição da utilização de proteína microbiana pelos ruminantes tem sido uma área importante de estudo na nutrição (CHEN e GOMES, 1992). Sabe-se que as fontes proteicas são os ingredientes individualmente mais onerosos da dieta (CHIZZOTTI, 2004), por isso a estimativa da contribuição da proteína microbiana no fluxo de proteína intestinal é incorporado nos cálculos de avaliação de proteínas para ruminantes (CHEN e GOMES, 1992).

Para a máxima eficiência de utilização de nutrientes na formulação de dietas para ruminantes é necessário conhecimento preciso sobre a degradação ruminal da proteína, pois a partir desta informação verifica-se a real necessidade dos microrganismos, como por exemplo, a quantidade de proteína que escapa da fermentação ruminal e torna-se disponível para a digestão no abomaso pelo animal (MOREIRA *et al.*, 2003; SÜDEKUM *et al.*, 2005). O metabolismo da proteína no rúmen é complexo, por resultar de dois processos interativos: a degradação da proteína da dieta e a síntese de proteína microbiana (MOREIRA *et al.*, 2003).

As exigências proteicas dos ruminantes são atendidas pela proteína microbiana digestível no intestino delgado e pela proteína não-degradável no rúmen, demonstrando a importância do conhecimento do balanço dos compostos nitrogenados e da síntese de proteína

microbiana, explicando assim diferenças observadas no desempenho animal, uma vez que a digestibilidade aparente da proteína microbiana ruminal é de aproximadamente 85% e apresenta um perfil de aminoácidos essenciais semelhantes aos presentes no leite e organismo dos animais, por isso a importância desta, na nutrição de ruminantes (SERRANO *et al.*, 2011).

A utilização de concentrados na alimentação de ruminantes eleva a densidade proteica e energética da dieta, favorecendo assim, o consumo dos nutrientes, síntese de proteína microbiana e melhora do desempenho animal (SOUZA *et al.*, 2006). Porém, o excesso de proteína na dieta pode acarretar no descarte em forma de ureia. Quando o nitrogênio oriundo da proteína degradável e solúvel não é completamente utilizado pelos microrganismos do rúmen, ele é absorvido pela parede ruminal, sendo transferido para a corrente sanguínea na forma de amônia. Pelo fato de a amônia ser um elemento tóxico ao organismo animal, o fígado a converte em ureia, a qual é eliminada através da urina. A disponibilidade de carboidratos no rúmen e o nível da proteína degradável são fatores importantes para suportar o crescimento microbiano e a síntese proteica. Por outro lado, quando estes dois componentes não estão balanceados, a quantidade de amônia ruminal produzida e absorvida (convertida em ureia no fígado) é alterada (GONZÁLEZ *et al.*, 2004).

A excreção de ureia se dá principalmente pela urina, e em menor grau pelo intestino e pelo leite. Nos ruminantes, os níveis de ureia sanguínea também podem ser afetados pelo nível nutricional, pois quando o consumo de proteína pelo animal estiver desajustado os níveis de ureia serão alterados, fazendo desta um indicador do nível de ingestão de proteína pelo ruminante (GONZÁLEZ *et al.*, 2001). De acordo com González *et al.* (2001), os níveis de nitrogênio ureico no leite seguem os níveis de nitrogênio ureico no sangue (com um atraso de uma a duas horas). O nitrogênio ureico do leite mostra assim, o nível de nitrogênio ureico sanguíneo das últimas 12 horas. Dessa forma, as concentrações de nitrogênio ureico no plasma e no leite podem ser usadas como forma de avaliar o estado nutricional proteico e a eficiência de utilização do nitrogênio, resultando em indicadores do equilíbrio ruminal entre nitrogênio e energia (VASCONCELOS *et al.*, 2010).

Quando há excreção elevada de nitrogênio, principalmente na urina, significa que há um desequilíbrio entre o nitrogênio e a energia no rúmen (PEREIRA *et al.*, 2007). Com a excreção, haverá perda de nitrogênio, gasto energético, aumento do custo da ração e poluição ambiental. O balanço de nitrogênio é importante para verificar a otimização do uso do nitrogênio pelo animal, a fim de se evitarem os possíveis problemas relatados da excreção deste elemento.

Um método eficaz para quantificar a síntese de proteína microbiana é a técnica da medição dos derivados de purina. Segundo Chen e Gomes (1992), a técnica é simples, requer

apenas coleta de urina, não é invasiva e não requer nenhuma preparação cirúrgica. O princípio se baseia na medição das purinas excretadas na urina, que são: hipoxantina, xantina, ácido úrico e alantoína. Chen e Gomes (1992) relataram ainda que os alimentos fornecidos aos ruminantes apresentam baixo teor de purina, mostrando que as purinas presentes na urina são de origem microbiana. A absorção de nitrogênio microbiano pode ser calculada a partir da quantidade de purinas absorvidas, que é estimada pela quantidade de derivados de purina excretados na urina.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, A.L. *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. *et al.* Crambe meal is equivalent to soybean meal for backgrounding and finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, v.71, n.10, p.2608-2613, 1993.

ANDRIGUETTO, J.M. *et al.* **Nutrição Animal – As bases e os fundamentos da nutrição animal**. 4. ed. Nobel: São Paulo, 2002.

ATABANI, A.E. *et al.* A comprehensive review on biodiesel as an alternative energy resource and its characteristics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v16, n.4, p. 2070-2093, 2012.

BANANI, R. *et al.* Waste frying oil with high levels of free fatty acids as one of the prominent sources of biodiesel production. **Journal of Materials and Environmental Science**, v.6, n.4, p.1178-1185, 2015.

BEARE-ROGERS, J. L.; NERA E. A.; HEGGTVEIT, H. A. Myocardial alteration in rats fed rapeseed oils containing high or low levels of erucic acid. **Annals of Nutrition and Metabolism**, v.17, n.4, p.213-222, 1974.

BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. FUNEP: Jaboticabal, SP, 2011. 616p.

CANOVA, E.B. Torta de crambe (*Crambe abyssinica hochst*) na alimentação de cordeiros. 2012. 64f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Instituto de Zootecnia/Nova Odessa, SP, 2012.

CANOVA, E.B. *et al.* Crambe cake (*Crambe abyssinica hochst*) on lamb diets. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.1, p.75-81, 2015.

CARLSON, K.D.; TOOKEY, H.L. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.60, n.12, p.1979-1985, 1983.

CHEN, X.B., GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. **International Feed Research Unit. Bucksburnd, Aberdeen: Rowett Research Institute**, n.1, p.21, 1992.

CHIZZOTTI, M.L. Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras. 2004. 108f. Dissertação (Pós graduação em Zootecnia/ Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa. Minas Gerais, 2004.

COLODETTI, T.V. *et al.* Crambe: aspectos gerais da produção agrícola. **Enciclopédia biosfera: Centro Científico Conhecer**, v.8, n.1, p.258, 2012.

GOES, R.H.T.B. *et al.* Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.3, p.271-277, 2010.

GONZÁLEZ, F.H.D.; DÜRR, J.W.; FONTANELI, R.S. (Ed.). **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Porto Alegre: UFRGS, 2001.77p.

GONZÁLEZ, F.H.D. Pode o leite refletir o metabolismo da vaca? In: DURR, J.W.;

CARVALHO, M.P.; SANTOS, M.V. O Compromisso com a Qualidade do Leite. Passo Fundo: Editora UPF. 2004. v.1. p.195-209.

HERCULANO, B.N. Farelo de Crambe na alimentação de bovinos leiteiros. 2013. 61p. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM, Diamantina, Minas Gerais, 2013.

HOLANDA, A. Dep. Programa Biodiesel Nordeste, com Inclusão Social, Brasília 2007.

KNIGHTS, S.E. Crambe: a north Dakota case study. **A report for the rural industries research a development corporation**, 25p, 2002. Disponível em <<http://www.rirdc.gov.au>>. Acesso em: 02 de março de 2015.

LIU, Y.G.; STEG, A.; HINDE, V.A. Crambe meal: a review of nutrition, toxicity and effect of treatments. **Animal Feed Science and Technology**, v.41, n.2, p.133-147, 1993.

MOREIRA, J.F.C. *et al.* Concentrados proteicos para bovinos. 1. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, vol.55, n.3, p.315-323, 2003.

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

PEREIRA, K.P. *et al.* Balanço de nitrogênio e perdas endógenas em bovinos e bubalinos alimentados com níveis crescentes de concentrado. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.4, p.433-440, 2007.

PITOL, C. **Crambe; *Crambe abyssinica hochst* “Uma opção rentável para sua safrinha”**. Fundação Mato Grosso do Sul, CAR, 4p, 2009.

PITOL, C. *et al.* Cultura do crambe: Resultados e Experimentação. **Tecnologia e Produção – Milho Safrinha e Culturas de inverno**, Fundação MS, p.145-150, 2012.

RURAL SEMENTES, Crambe - alternativa para produção de óleo. Disponível em <<http://www.almanaquedocampo.com.br/imagens/files/cambre%20para%20a%20produ%C3%A7%C3%A3o%20de%20C3%B3leo.pdf>>. Acesso em: 05 de março de 2015

SERRANO, R.D.C.; SIERRA, L.M.P. Técnicas de quantificação da síntese microbiana no rúmen: uma revisão. **CES Medicina Veterinária y Zootecnia**, v.6, n.1, p.46-53, 2011.

SOARES, R. W.; PINTO, F.V. Boletim mensal do biodiesel. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, fevereiro de 2015, 13p.

SOUZA, A.L. *et al.* Casca de café em dietas para vacas em lactação: balanço de compostos nitrogenados e síntese de proteína microbiana. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1860-1865, 2006.

SOUZA, A.D.V. *et al.* Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.

SOUZA, V.S. *et al.* Potencial nutricional do *Crambe abyssinica* para ruminantes e seus co-produtos oriundos da obtenção do biodiesel. IN: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 47, Salvador-BA. **Anais...** Salvador, p., 2010.

SÜDEKUM, K.-H. *et al.* Effects of amount of intake and stage of forage maturity on urinary allantoin excretion and estimated microbial crude protein synthesis in the rumen of steers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.90, n.3, p.136-145, 2005.

VASCONCELOS, A.M. *et al.* Parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção microbiana de vacas leiteiras alimentadas com soja e seus subprodutos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.425-433, 2010.

### 3. CAPÍTULO I

#### 3.1. CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PRODUÇÃO DE LEITE DE VACAS F1 HOLANDÊS x ZEBU ALIMENTADAS COM FARELO DE CRAMBE

##### RESUMO

Objetivou-se avaliar o consumo, a digestibilidade e a produção de leite de vacas leiteiras no terço médio de lactação, alimentadas com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), situada na cidade de Felixlândia, Minas Gerais, Brasil. Foram utilizadas vinte vacas multíparas, F1 Holandês x Zebu, no terço médio de lactação. Os animais foram alojados em baias individuais, sendo alimentados *ad libitum* duas vezes ao dia, após as ordenhas da manhã e da tarde, 9 horas e 15 horas, respectivamente. O ensaio teve duração de 27 dias, sendo os primeiros 20 dias para adaptação à dieta e os últimos sete dias para coleta de dados. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos se basearam na substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe no concentrado, nos níveis de 0, 25, 50, 75 e 100%. Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos diferentes níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe para as variáveis de consumo. A digestibilidade aparente da matéria seca sofreu efeito linear decrescente ( $P\leq 0,05$ ). Não houve efeito significativo para produção e composição do leite ( $P>0,05$ ), mostrando que o farelo de crambe não prejudicou o desempenho das vacas alimentadas com até 100% de substituição. As variáveis consumo, digestibilidade e desempenho, embora não significativos estatisticamente, apresentaram resultados favoráveis à utilização do farelo de crambe. Conclui-se que o farelo de crambe pode ser utilizado na alimentação de vacas F1 Holandês x Zebu, substituindo em até 100% o farelo de soja.

**Palavras-chave:** *Crambe abyssinica*. Concentrado proteico. Coproduto. Valor nutricional.

## **INTAKE, DIGESTIBILITY AND MILK PRODUCTION OF F1 HOLSTEIN x ZEBU COWS FEEDING WITH CRAMBE MEAL**

### **ABSTRACT**

The objective was to evaluate intake, digestibility and the production of milk of dairy cows in mid lactation, fed crambe meal replacing soybean meal. The experiment was conducted at the Experimental Farm of EPAMIG (Agricultural Research Company of Minas Gerais), located in the city of Felixlândia, Minas Gerais, Brazil. Twenty multiparous F1 Holstein x Zebu cows in the mid lactation were used. The animals were housed in individual pens and fed *ad libitum* twice daily after morning and afternoon, 9 hours and 15 hours, respectively. The experiment lasted 27 days with the first 20 days for adaptation and the last seven days for data collection. The experimental design was completely randomized, consisting of five treatments and four replications. The treatments were based on replacing soybean meal with crambe meal in the concentrate at levels of 0, 25, 50, 75 and 100%. There was no significant effect ( $P > 0.05$ ) from different replacement levels of soybean meal by crambe meal for consumption variables. The apparent digestibility of dry matter had a decreasing linear effect ( $p \leq 0.05$ ). There was no significant effect on milk yield and composition ( $P > 0.05$ ), showing that crambe meal did not impair the performance of cows fed up to 100% replacement. Intake, digestibility and performance, although not statistically significant, had results were favorable to the use of crambe meal. In conclusion, crambe meal can be used in the feed F1 Holstein cows Zebu, replacing up to 100% soybean meal.

**Key words:** *Crambe abyssinica*. Coproduct. Nutritional value. Proteic concentrate.

## INTRODUÇÃO

Na atual tendência mundial para aumento da produção de alimentos, devido ao crescimento populacional, faz-se imperativo que busque-se soluções práticas, econômicas e eficazes para a produção animal. A utilização de resíduos de biodiesel na alimentação animal atende esses requisitos e ainda ajuda a dar um fim ao que poderia ser um problema ambiental. Mas para a utilização desses alimentos alternativos são necessários estudos criteriosos, observando se há algum efeito negativo desses no consumo e na digestibilidade das dietas, visando o melhor desempenho animal.

Para a produção de biodiesel são utilizadas no Brasil, diversas matérias primas, como por exemplo a soja e o algodão. Mas o crambe aparece como opção viável, devido à concentração elevada de óleo presente em sua composição. Pelo fato de seu óleo não ser destinado à alimentação humana, mas somente para fins industriais, por causa da alta concentração de ácido erúico em sua composição (CARLSON *et al.*, 1983), o crambe apresenta esse diferencial dentre as demais oleaginosas. Além de ser fonte de óleo, o crambe contém concentração elevada de proteína de alta qualidade (LIU *et al.*, 1993) em sua constituição, que pode ser utilizada na alimentação animal.

Segundo o NRC (2001), a medição do consumo de matéria seca é importante para prever a sub ou a superalimentação dos animais, o correto provimento de nutrientes, a fim de promover a maior eficiência produtiva. A subalimentação pode causar queda na produção, afetar a saúde e o desenvolvimento dos animais. Já a superalimentação aumenta o custo de produção, a excreção de nutrientes no ambiente, podendo ainda causar efeitos tóxicos no organismo animal.

Além do consumo, é importante também conhecer a digestibilidade dos nutrientes, processo pelo qual é possível mostrar a capacidade de aproveitamento dos alimentos pelos animais (MENDONÇA *et al.*, 2004). O maior aproveitamento dos nutrientes é o ponto desejável na nutrição dos ruminantes, evitando-se perdas econômicas. Sabe-se que a alimentação de ruminantes é responsável por até 70% dos custos de produção, por isso é importante conhecer as características dos alimentos que são utilizados nas dietas, para se ter uma máxima taxa digestiva e desempenho animal (SILVA *et al.*, 2001).

Segundo Pina *et al.* (2006), é importante suprir os animais com proteína em quantidade suficiente e de boa qualidade, tendo atenção às suas relações com outros nutrientes. Eles também citam que a proteína é o segundo nutriente limitante e o ingrediente mais oneroso na formulação de dietas para vacas lactantes, devido ao preço de ingredientes proteicos, como o farelo de soja.

Este trabalho foi realizado com o intuito de avaliar o consumo, a digestibilidade e o desempenho de vacas leiteiras no terço médio de lactação, alimentadas com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), situada na cidade de Felixlândia, Minas Gerais, Brasil.

Foram utilizadas vinte vacas multíparas, F1 Holandês x Zebu, no terço médio de lactação, com peso médio  $547 \pm 44$  kg e produção de leite média de  $13,2 \pm 2,6$  kg/dia. Os animais foram alojados em baias individuais, de  $36 \text{ m}^2$  de área, com acesso livre a água e cochos individuais para alimentação.

O experimento teve duração de 27 dias, sendo os primeiros 20 dias para adaptação à dieta e os últimos sete dias para coleta de dados. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos se basearam na substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe no concentrado, nos níveis de 0, 25, 50, 75 e 100%.

A composição nutricional dos ingredientes é apresentada na Tabela 2. As dietas isoproteicas foram formuladas segundo o NRC (2001) para que atendessem as exigências de manutenção e produção, considerando a relação volumoso:concentrado na matéria seca, 75:25 (Tabela 3). O volumoso utilizado foi a silagem de milho e as dietas foram oferecidas na forma de ração completa.

Tabela 2. Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja

Nutrientes (%MS)	Silagem de milho	Milho moído	Farelo de soja	Farelo de crambe
MS	86,42	83,98	94,67	91,75
MM	5,03	1,56	6,36	6,28
PB	7,41	8,38	44,39	32,26
EE	3,42	4,80	2,36	0,31
FDNp	44,55	21,83	12,32	27,98
FDAp	25,54	1,64	6,32	16,70
CNF	39,59	63,43	34,57	33,17

MS=Matéria seca; MM=Matéria mineral; PB=Proteína bruta; EE=Extrato etéreo; FDN=Fibra em detergente neutro; FDA=Fibra em detergente ácido; CNF=Carboidratos não fibrosos.

Tabela 3. Composição das dietas experimentais contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja

Ingredientes (%)	Níveis de substituição do farelo de soja (%)				
	0	25	50	75	100
Silagem de milho	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Fubá de milho	15,00	14,25	13,75	13,00	12,00
Farelo de soja	9,25	7,50	5,25	2,82	0,00
Farelo de crambe	0,00	2,50	5,25	8,43	12,25
Suplemento vitamínico mineral	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Total	100	100	100	100	100
Nutrientes (%MS)	Composição química				
MS	37,18	36,84	35,07	35,74	37,81
MM	4,73	4,68	4,93	4,78	4,88
PB	12,49	12,13	12,17	11,82	12,01
EE	3,04	2,44	2,60	2,76	2,58
FDNp	37,99	40,07	39,15	39,96	40,55
FDAp	16,53	16,83	17,04	17,01	17,48
FDAi	4,31	5,07	5,24	5,37	5,97
CNF	40,39	40,13	39,25	38,13	38,78
NDT	61,50	56,11	56,25	60,28	61,65
LIG	14,86	14,64	14,45	14,11	13,86

MS=Matéria seca; MM=Matéria mineral; PB=Proteína bruta; EE=Extrato etéreo; FDNp=Fibra em detergente neutro corrigida para proteína; FDAp=Fibra em detergente ácido corrigida para proteína; FDAi=Fibra em detergente ácido indigestível; CNF=Carboidratos não fibrosos; NDT=Nutriente digestíveis totais; LIG=Lignina.

Os animais eram alimentados *ad libitum* duas vezes ao dia, após as ordenhas da manhã e da tarde, às 9:00 e 15:00, respectivamente. Durante o período experimental as sobras eram retiradas e pesadas, ajustando a quantidade de alimento fornecido por animal, para que houvesse 5 a 10% de sobras.

Para o cálculo de consumo, durante o período de coleta de dados, as quantidades de alimento fornecido e sobras foram registradas. Foram retiradas amostras diárias das sobras e das dietas fornecidas durante o período de coleta de dados, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas a -16°C. Ao final do experimento, as amostras individuais das sobras e das dietas oferecidas, por animal, foram homogêneas e pré-secas a 55 °C por 72 horas, moídas em moinho de peneira de 1 mm de malha, acondicionadas em vasilhas de plástico e armazenadas em temperatura ambiente 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, durante cinco dias consecutivos, antes da alimentação da manhã e da tarde. As amostras de fezes, devidamente

identificadas, foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas a  $-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, foram descongeladas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 72 horas e moídas em moinho com peneira de 1 mm de malha. A partir das amostras coletadas e moídas, obteve-se uma amostra composta por animal, as quais foram armazenadas para posteriores análises laboratoriais.

Para a estimativa da produção fecal utilizou-se a fibra em detergente ácido indigestível (FDAi) como marcador interno. Esta foi obtida através de incubação *in situ*, segundo metodologia do INCT-CA (Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Ciência Animal), descrita por Detmann *et al.* (2012). As amostras de dietas, sobras e fezes pré-secas foram moídas em moinho de facas, com peneira de malha de 2 mm de porosidade, posteriormente pesadas em sacos de TNT (tecido não tecido), seguindo-se a relação de 20 mg de matéria seca por centímetro quadrado de superfície e seladas. Os sacos de TNT foram acondicionados em sacolas de filó e incubados por 288 horas no rúmen de um bovino macho fistulado, Holandês-Zebu, com peso médio de 600 kg, que recebia dieta à base de silagem de milho e concentrado. Posteriormente, os sacos foram retirados do rúmen, lavados em água corrente até o clareamento da água e levados para estufa ventilada a  $55^{\circ}\text{C}$  por 72 horas, seguido de análise de FDA.

As dietas, as 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), matéria mineral (MM), lignina (LIG), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), 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):  $\text{CT} = 100 - (\% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{CINZAS})$ ;  $\text{CNF} = \text{CT} - \text{FDN}$ ;  $\text{NDT} = \text{PB digestível} + (\text{EE digestível} \times 2,25) + \text{FDN digestível} + \text{CNF digestível}$ . O cálculo de consumo de cada nutriente foi feito, descontando as sobras (%MS) do que era fornecido (%MS).

A produção fecal (PF) foi estimada pela fórmula:  $\text{PF (kg/MS/dia)} = (\text{consumo de FDAi}/\% \text{FDAi nas fezes}) \times 100$ . O cálculo da digestibilidade aparente (DA) dos nutrientes foi realizado pela fórmula:  $\text{DA (\%)} = [(\text{nutriente ingerido} - \text{nutriente excretado})/\text{nutriente ingerido}] \times 100$ , a partir da concentração de cada nutriente nas fezes, considerando-se a produção fecal.

Para a análise de desempenho, foram mensurados, do 21º ao 27º dia, as produções de leite diárias dos animais. A produção de leite de cada animal foi corrigida para 3,5% de gordura,

segundo NRC (2001). Para a análise da composição do leite foram coletadas duas amostras individuais de leite, provenientes da ordenha da manhã e da tarde. Posteriormente foi feita uma amostra composta proporcional às produções da manhã e da tarde por animal, conforme recomendação de Broderick e Clayton (1997).

As amostras foram acondicionadas em recipiente contendo o conservante bronopol (2-bromo 2-nitropropano 1,3-diol), na proporção de 10mg para 50 mL de leite e resfriadas a 4°C. As análises foram realizadas pelo Laboratório de Análise da Qualidade do Leite, LabUFMG, para determinação das concentrações de gordura, proteína, lactose, extrato seco desengordurado, sólidos totais e nitrogênio ureico no leite.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão pelo comando PROC REG do programa *Statistical Analysis System* versão 9.0 (SAS, 2004).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) dos diferentes níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe nas variáveis CMN, CMS, CMM, CPB, CEE, CCNF e CNDT (Tabela 4), quando expressos em % peso vivo (% PV), apresentando-se médias de 9,63, 3,50, 0,16, 0,44, 0,10, 1,41, 2,09 kg/% PV respectivamente. Resultados diferentes em algumas variáveis foram apresentadas por Lambert *et al.* (1970), os quais estudaram o farelo de crambe em substituição ao farelo de soja nos níveis de 0, 33, 67 e 100% e observaram um declínio no consumo da dieta quando a concentração do farelo de crambe aumentou, o que, segundo os autores, foi devido à baixa palatabilidade deste ingrediente. O mesmo ocorreu com Canova *et al.* (2015) que analisaram a substituição do farelo de soja pela torta de crambe. Eles observaram diminuição linear no consumo de matéria seca por cordeiros alimentados com torta de crambe. Os autores justificaram que a torta de crambe apresenta alto teor de lipídeos e por isso pode ter causado o declínio no consumo de matéria seca.

Tabela 4. Consumo médio de nutrientes em % peso vivo de vacas F1 Holandês x Zebu alimentadas com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja da dieta

Consumo (kg/ 100 kg PV)	Níveis de substituição do farelo de soja (%)					P-Valor	CV (%)
	0	25	50	75	100		
CMN	9,04	9,65	10,34	9,62	9,51	0,588	10,97
CMS	3,32	3,54	3,70	3,40	3,52	0,643	10,21
CMM	0,16	0,16	0,17	0,16	0,16	0,668	12,14
CFDNp	1,21	1,38	1,40	1,33	1,48	0,055	10,92
CFDAp	0,49	0,56	0,59	0,54	0,60	0,068	11,69
CPB	0,43	0,44	0,46	0,42	0,43	0,610	9,67
CEE	0,09	0,09	0,11	0,10	0,10	0,225	13,35
CCNF	1,40	1,44	1,51	1,37	1,32	0,439	13,41
CNDT	2,07	2,03	2,17	2,09	2,09	0,776	9,09

CMN = Consumo de matéria natural; CMS = Consumo de matéria seca; CMM = Consumo de matéria mineral; CFDNp = Consumo de fibra em detergente neutro corrigido para proteína; CFDAp = Consumo de fibra em detergente ácido corrigido para proteína; CPB = Consumo de proteína bruta; CEE = Consumo de extrato etéreo; CCNF = Consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT = Consumo de nutrientes digestíveis totais; P-valor; CV = Coeficiente de variação.

A não influência do farelo de crambe nas variáveis de consumo citadas acima, também foi encontrada em outros trabalhos. Caton *et al.* (1994) realizaram um estudo com o objetivo de avaliar o farelo de crambe como fonte de proteína. Foram utilizados no estudo, quatro níveis de substituição de farelo de soja pelo farelo de crambe 0, 33, 67 e 100%. Analisaram o consumo, digestão e eficiência microbiana em novilhas de corte, onde a inclusão do farelo de crambe não influenciou o consumo de matéria seca. O consumo de matéria seca, de proteína bruta e de carboidratos não fibrosos também não foram afetados pelo uso do farelo de crambe nos trabalhos realizados por Mendonça *et al.* (2014) e Mendonça *et al.* (2015). Já foi relatado que a palatabilidade do farelo de crambe, a qual é influenciada pelo teor de glicosinolatos no farelo, pode afetar o CMS (LAMBERT *et al.*, 1970; MENDONÇA *et al.*, 2015). Como não houve alteração no CMS em % PV neste estudo, pode-se inferir que não foi detectado efeito da palatabilidade do farelo de crambe, como relatado por esses autores. O farelo de crambe utilizado neste trabalho, foi submetido a duas etapas de tratamento térmico. A primeira etapa foi através de injeção de vapor, onde a massa do produto chega a 75°C. A segunda etapa, a etapa de tostagem, o produto chega a 105°C. Com base nos tratamentos térmicos, indica-se que os níveis de glicosinolatos, foram reduzidos a ponto de não afetar o consumo pelos animais, explicando assim, os resultados observados neste trabalho.

Como não houve diferença ( $P>0,05$ ) no CMS em % PV entre as dietas, e elas foram formuladas para serem isoproteicas, o CPB em % PV também não foi afetado ( $P>0,05$ ) pela substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe.

Houve uma tendência de aumento linear no consumo de fibra em detergente neutro corrigida para proteína (CFDNp) ( $CFDNp=1,26077+0,00193x$ ;  $R^2=19,02$ ) e no consumo de fibra em detergente ácido corrigida para proteína (CFDAp) ( $CFDAp=0,51855+0,00080x$ ;  $R^2=17,26$ ), expressos em % PV, quando o farelo de crambe substituiu o farelo de soja nas dietas. Mendonça *et al.* (2015), estudando diferentes níveis de inclusão da torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento, encontraram efeito cúbico do nível de inclusão de torta de crambe sobre o consumo de fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína (FDNcp), em que o maior valor foi observado na dieta controle e o menor, na dieta contendo 20% de torta de crambe na matéria seca da dieta. Mendonça *et al.* (2014), testando o uso da torta e do farelo de crambe na alimentação de bezerros em crescimento, verificaram que, apesar do consumo de fibra em detergente neutro não diferir ( $P>0,05$ ) entre os diferentes níveis de torta ou farelo de crambe usados, o menor consumo de FDNcp, principalmente no nível mais elevado de inclusão, está relacionado com a palatabilidade, teor de extrato etéreo e decréscimo no consumo de matéria seca da dieta. O consumo de FDNp e de FDAp em % PV foram maiores no tratamento com 100% de substituição do farelo de soja. Este resultado pode ser explicado, pois não houve diferença no CMS nas diferentes dietas avaliadas, pelo fato do farelo de crambe conter em sua composição química, maiores teores de FDN e FDA do que o farelo de soja, conforme mostrado na Tabela 3. Os níveis de FDNp e FDAp encontrados na dieta com maior concentração de farelo de crambe foram 40,55 e 17,48%, respectivamente, enquanto a dieta contendo maior concentração de farelo de soja apresentou 37,99 e 16,53% para FDNp e FDAp, respectivamente.

O consumo de NDT em % PV (CNDT) não apresentou significância ( $P>0,05$ ). O resultado pode ser explicado, pois todas as dietas eram isoprotéicas e apresentavam níveis energéticos próximos, o que proporcionou aos animais a ingestão semelhante de proteína e energia. Santos *et al.* (2009) estudaram o efeito da inclusão nas dietas de 8% de grãos e subprodutos da canola (farelo ou torta), oleaginosa da família do crambe, sobre o consumo em ovinos machos não castrados. Os autores também não encontraram efeito significativo do CNDT e relataram que com o aumento da utilização da canola houve aumento das concentrações de PB e EE nas dietas, ocasionando assim aumento na ingestão de energia, pois a energia dos alimentos vem dos compostos orgânicos como PB, EE e também das frações fibrosas.

Verificou-se efeito linear ( $P \leq 0,05$ ) de substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe sobre a digestibilidade aparente da matéria seca ( $DAMS = 58,3969 - 0,0496x$ ;  $R^2 = 0,70$ ). Não houve efeito significativo dos tratamentos ( $P > 0,05$ ) sobre as variáveis DAPB, DAFDNp, DAFDAp, DAEE, DACNF e NDT (Tabela 5).

Tabela 5. Digestibilidade aparente de nutrientes das dietas para vacas F1 Holandês x Zebu, contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja

Variável	Níveis de substituição do farelo de soja (%)					P-Valor	CV (%)
	0	25	50	75	100		
DAMS	58,56	56,05	56,33	56,53	52,12	0,001	3,76
DAPB	61,26	52,78	54,76	58,21	58,67	0,976	8,83
DAFDNp	49,55	45,16	44,57	45,35	42,48	0,076	10,32
DAFDAp	42,69	34,13	34,77	36,50	31,81	0,104	19,89
DAEE	74,88	71,14	75,17	81,91	71,88	0,563	6,83
DACNF	74,03	70,01	72,62	74,95	78,39	0,063	5,90
NDT	62,20	56,88	58,43	60,66	59,59	0,793	5,73

DAMS = Digestibilidade aparente da matéria seca; DAPB = Digestibilidade aparente da proteína bruta; DAFDNp = Digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro corrigida para proteína; DAFDAp = Digestibilidade aparente da fibra em detergente ácido corrigida para proteína; DAEE = Digestibilidade aparente do extrato etéreo; DACNF = Digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos; NDT = Nutrientes digestíveis totais; P-valor; CV = Coeficiente de variação.

Para a digestibilidade da matéria seca houve efeito linear negativo ( $P \leq 0,05$ ) com o aumento da substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe. A digestibilidade da matéria seca do crambe já foi estudada por alguns autores que não encontraram efeito significativo (LAMBERT *et al.*, 1970; MENDONÇA *et al.*, 2014; MENDONÇA *et al.*, 2015), mas também já foi constatado efeito linear negativo com a inclusão de crambe na dieta (CANOVA *et al.*, 2015). Neste último ensaio, os autores apontaram a causa da queda da digestibilidade da matéria seca como resultado da queda da digestibilidade da fração fibrosa, especialmente da celulose. Fato também observado no presente estudo foi que, onde houve queda da digestibilidade da matéria seca, esta foi acompanhada da diminuição da digestibilidade da fração fibrosa. A digestibilidade das fibras interferiu na digestibilidade da matéria seca das dietas com maiores concentrações de farelo de crambe neste estudo, conforme citam alguns autores (GOES *et al.*, 2010; MENDONÇA *et al.*, 2014; CANOVA *et al.*, 2015; MENDONÇA *et al.*, 2015). Mesmo a digestibilidade da MS ter decrescido com o aumento da inclusão do farelo de crambe, esta variável não afetou o consumo, sendo este parâmetro relevante aos animais.

As variáveis DAFDNp e DAFDAp não obtiveram efeito significativo ( $P > 0,05$ ), isto indica que apesar do farelo de crambe conter teor de FDA superior ao farelo de soja (Tabela 2)

a digestibilidade das frações fibrosas das dietas não foram afetadas. Canova *et al.* (2015), estudando a inclusão de torta de crambe na alimentação de ovinos, observaram efeito linear decrescente para as variáveis DAFDN e DAFDA. Eles justificaram que a digestibilidade da fibra foi afetada negativamente, devido ao elevado teor de lignina na torta de crambe e o elevado teor de extrato etéreo das dietas.

A DAPB não foi diferente entre as dietas ( $P>0,05$ ), pode-se inferir que o farelo de crambe pode substituir o farelo de soja em até 100% na dieta, sem alterar a digestibilidade. Goes *et al.* (2010) citam que a degradabilidade ruminal da PB do crambe é baixa, fato não comprovado neste estudo. O efeito do crambe na DAPB já foi avaliado em outros estudos, onde não houve influência (MENDONÇA *et al.*, 2014; MENDONÇA *et al.*, 2015) ou foi constatado efeito linear negativo (LAMBERT *et al.*, 1970; CANOVA *et al.*, 2015).

Não houve efeito significativo ( $P>0,05$ ) para as variáveis produção de leite, gordura, proteína, lactose, sólidos totais e extrato seco desengordurado (ESD), conforme mostrado na Tabela 6.

Tabela 6. Produção (kg/dia) e composição (%) do leite de vacas F1 Holandês x Zebu recebendo dietas com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja

Variável	Níveis de substituição do farelo de soja (%)					P-Valor	CV (%)
	0	25	50	75	100		
Produção de leite <sup>1</sup>	15,93	15,42	16,27	15,52	15,46	0,875	21,44
Gordura	4,89	4,34	4,36	4,13	4,99	0,992	12,33
Proteína	3,46	3,60	3,52	3,43	3,34	0,331	7,51
Lactose	4,50	4,60	4,53	4,63	4,48	0,958	4,20
Sólidos totais	13,79	13,46	13,35	13,14	13,75	0,670	4,20
ESD <sup>2</sup>	8,90	9,13	8,98	9,01	8,76	0,426	3,44

1 = Corrigido para 3,5% de gordura segundo NRC (2001); 2 = Extrato seco desengordurado; CV = Coeficiente de variação.

A produção e a composição do leite produzido pelas vacas neste trabalho não sofreram efeito significativo ( $P>0,05$ ) da substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe. Este resultado pode ter sido um reflexo da não interferência negativa do farelo de crambe em algumas variáveis analisadas como, consumo e digestibilidade dos nutrientes da dieta. Outro fator seria o perfil aminoacídico do farelo de crambe que se apresenta semelhante ou até superior em alguns componentes, quando comparado com o farelo de soja, conforme mostrado por Anderson *et al.* (1993). Isto pode explicar o fato de os animais alimentados com maior concentração de farelo de crambe apresentarem desempenho semelhante ( $P>0,05$ ) aos animais alimentados com dietas com maior concentração de farelo de soja.

Não foram encontrados na literatura muitos estudos sobre efeitos da utilização de farelo de crambe na produção e composição do leite de vacas. Böhme *et al.* (2005), estudaram a utilização torta de crambe prensada e farelo de crambe na alimentação de vacas leiteiras holandesas no terço médio de lactação. A torta e o farelo foram testados em dois experimentos diferentes, com 0, 15 e 30% de incorporação no concentrado. Dentre os diversos parâmetros analisados, eles observaram a produção de leite, % de gordura e proteína no leite. A produção não foi alterada ( $P>0,05$ ) assim como a % de proteína e gordura do leite. Os autores notaram queda ( $P>0,05$ ) na produção e % de gordura do leite quando alimentados com torta de crambe. A produção foi afetada devido ao baixo consumo de energia líquida. O último devido aos ácidos graxos insaturados da torta de crambe e suas saturações incompletas no rúmen.

Estudos utilizando farelo de canola, os autores obtiveram alguns resultados sobre a produção e composição de leite. Hristov *et al.* (2011) investigaram a substituição do farelo de canola tratado com solvente para extração do óleo (controle), por farelo de canola com o óleo extraído mecanicamente, farelo de canola com alta concentração de ácidos graxos oleicos e baixa de ácidos graxos poliinsaturados, e farelo de canola com baixa concentração de glicosinolato. Houve redução linear ( $P\leq 0,05$ ) na produção leiteira quando foram usados os tratamentos contendo farelo de canola com o óleo retirado mecanicamente e farelo de canola com baixa concentração de glicosinolato, comparados com o grupo controle, devido à queda da ingestão de matéria seca. A proteína e a gordura (kg/dia) do leite não foram afetadas pelos diferentes tratamentos ( $P>0,05$ ). A lactose diminuiu ( $P\leq 0,05$ ) com os tratamentos farelo de canola com o óleo retirado mecanicamente e farelo de canola com baixa concentração de glicosinolato, comparados com o grupo controle. Maxin *et al.* (2013) estudaram o efeito da substituição do farelo de soja por farelo de canola. Os autores não encontraram diferença entre os tratamentos para as variáveis produção e composição (proteína, lactose e gordura) do leite.

## CONCLUSÃO

O farelo de crambe pode ser utilizado na alimentação de vacas leiteiras em até 100% de substituição ao farelo de soja sem efeitos negativos no consumo, digestibilidade e desempenho dos animais nas condições do presente trabalho, o que representou 12,25% de inclusão na dieta e um consumo de farelo de crambe de 2 kg/dia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, V.L. *et al.* Crambe meal is equivalent to soybean meal for backgrounding and finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, v.71, n.10, p.2608-2613, 1993.
- BÖHME, H. *et al.* Feeding value of crambe press cake and extracted meal as well as production responses of growing-finishing pigs and dairy cows fed these by-products. **Archives of animal nutrition**, v.59, n.2, p.111-122, 2005.
- BRODERICK, G.A.; CLAYTON, M.K. A statistical evaluation of animal and nutritional factors influencing concentrations of milk urea nitrogen. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.11, p.2964-2971, 1997.
- CANOVA, E.B. *et al.* Crambe cake (*Crambe abyssinica hochst*) on lamb diets. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.1, p.75-81, 2015.
- CARLSON, K.D.; TOOKEY, H.L. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.60, n.12, p.1979-1985, 1983.
- CATON, J.S. *et al.* Influence of crambe meal as a protein source on intake, site of digestion, ruminal fermentation, and microbial efficiency in beef steers fed grass hay. **Journal of Animal Science**, v.72, n.12, p.3238-3245, 1994.
- DETMANN, E. *et al.* **Métodos para Análise de Alimentos - INCT - Ciência Animal**. 1. ed. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2012.214p.
- GOES, R.H.T.B. *et al.* Degradabilidade *in situ* dos grãos de crambe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.32, n.3, p.271-277, 2010.
- HRISTOV, A.N. *et al.* Effect of replacing solvent-extracted canola meal with high-oil traditional canola, high-oleic acid canola, or high-erucic acid rapeseed meals on rumen fermentation, digestibility, milk production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.8, p.4057-4074, 2011.
- LAMBERT, J.L. *et al.* Crambe meal protein and hulls in beef cattle rations. **Journal of Animal Science**, v.31, n.3, p.601-607, 1970.
- LIU, Y.G.; STEG, A.; HINDE, V.A. Crambe meal: a review of nutrition, toxicity and effect of treatments. **Animal Feed Science and Technology**, v.41, n.2, p.133-147, 1993.
- MAXIN, G.; OUELLET, D.R.; LAPIERRE, H. Effect of substitution of soybean meal by canola meal or distillers grains in dairy rations on amino acid and glucose availability. **Journal of Animal Science**, v.96, n.12, p.7806-7817, 2013.
- MENDONÇA, S.S. *et al.* Consumo, Digestibilidade Aparente, Produção e composição do Leite e Variáveis Ruminais em Vacas Leiteiras Alimentadas com Dietas à Base de Cana-de-Açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n. 2, p. 481-492, 2004.
- MENDONÇA, B.P.C. *et al.* Uso do farelo e da torta de crambe na alimentação de bezerros em crescimento. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.4, n.2, p.84-92, 2014.

MENDONÇA, B.P.C. *et al.* Torta de crambe na terminação de bovinos de corte em confinamento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.2, p.583-590, 2015.

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

PINA, D.S. *et al.* Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n.4 p.1543-1551, 2006.

SANTOS, V.C. *et al.* Consumo e digestibilidade em ovinos alimentados com grãos e subprodutos da canola. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.10, n.1, p.94-105, 2009.

SILVA, R.M.N. *et al.* Ureia para Vacas em Lactação. 1. Consumo, Digestibilidade, Produção e Composição do Leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n.5, p.1639-1649, 2001.

SNIFFEN, C.J. *et al.* A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS users guide: statistics**. Cary: 2004.

## 4. CAPÍTULO II

### 4.1. SÍNTESE DE PROTEÍNA MICROBIANA E BALANÇO DE NITROGÊNIO EM VACAS F1 HOLANDÊS x ZEBU ALIMENTADAS COM FARELO DE CRAMBE

#### RESUMO

Objetivou-se estimar a produção de proteína microbiana, bem como o balanço de nitrogênio em vacas leiteiras no terço médio de lactação, alimentadas com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), situada na cidade de Felixlândia, Minas Gerais, Brasil. Foram utilizadas vinte vacas multíparas, F1 Holandês x Zebu, no terço médio de lactação. Os animais foram alojados em baias individuais, sendo alimentados *ad libitum* duas vezes ao dia, após as ordenhas da manhã e da tarde, 9 horas e 15 horas, respectivamente. O ensaio teve duração de 27 dias, sendo os primeiros 20 dias para adaptação à dieta e os últimos sete dias para coleta de dados. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos se basearam na substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe no concentrado, nos níveis de 0, 25, 50, 75 e 100%. Para a determinação da síntese de proteína microbiana, amostras *spots* de urina foram obtidas das vacas no 24º e 25º dia do período experimental e analisadas quanto aos teores de ureia, alantoína, ácido úrico e compostos nitrogenados totais. Conjuntamente houve coletas de amostras de sangue no 24º e 25º dia, para análise de ureia. Não houve efeito significativo ( $P > 0,05$ ) da substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe para a síntese de proteína microbiana. Nitrogênio urina, nitrogênio ureico no plasma tiveram efeito linear decrescente ( $P \leq 0,05$ ). Portanto, o nitrogênio retido e o balanço de nitrogênio aumentaram ( $P \leq 0,05$ ) à medida que se aumentou também a substituição. O farelo de crambe pode substituir em até 100% o farelo de soja como alimento proteico na alimentação de vacas leiteiras, não alterando a síntese de proteína microbiana e melhorando o balanço de nitrogênio dos animais alimentados com maior concentração de farelo de crambe.

**Palavras-chave:** *Crambe abyssinica*. Eficiência proteica. Fermentação ruminal. Proteína.

## MICROBIAL PROTEIN SYNTHESIS AND NITROGEN BALANCE IN F1 HOLSTEIN x ZEBU COWS FED WITH CRAMBE MEAL

### ABSTRACT

The objective was to estimate the microbial protein synthesis and nitrogen balance in dairy cows in mid lactation, fed crambe meal replacing soybean meal. The experiment was conducted at the Experimental Farm of EPAMIG (Agricultural Research Company of Minas Gerais), located in the city of Felixlândia, Minas Gerais, Brazil. Twenty multiparous F1 Holstein x Zebu cows in the middle third of lactation were used. The animals were housed in individual pens and fed *ad libitum* twice a day after the morning and afternoon (9:00 and 15:00). The experiment lasted 27 days, with the first 20 days for adaptation and the last seven days for data collection. The experimental design was completely randomized, consisting of five treatments and four replications. The treatments were based on replacing soybean meal with crambe meal in the concentrate at levels of 0, 25, 50, 75 and 100%. To determine the microbial protein synthesis, spots Urine samples were obtained from cows on the 24<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> day of the experimental period and analyzed for levels of urea, allantoin, uric acid and total nitrogen compounds. In addition, blood samples were collected at the 24<sup>th</sup> and 25<sup>th</sup> day for urea analysis. There was no significant effect ( $P>0,05$ ) replacement of soybean meal by crambe meal for microbial protein synthesis. Urine nitrogen and urea nitrogen plasma had a negative linear effect ( $P\leq 0,05$ ). Therefore, the retained nitrogen and nitrogen balance increased ( $P\leq 0,05$ ) as the crambe level increased. The crambe meal can replace up to 100% soybean meal as a protein feed in dairy cows, not changing the microbial protein synthesis and improving the nitrogen balance of animals fed with the greatest concentration of crambe meal

**Key words:** *Crambe abyssinica*. Protein. Protein efficiency. Ruminant fermentation.

## INTRODUÇÃO

O farelo de soja é um dos alimentos mais utilizados no Brasil para suplementação proteica de ruminantes, porém, devido ao seu alto custo, os produtores vêm buscando alternativas para produzir com qualidade e melhorar a rentabilidade da produção.

A utilização de alimentos alternativos para suplementação proteica é uma opção viável, porém, considerando a complexidade do metabolismo proteico, alguns processos devem ser levados em conta como a taxa de digestibilidade da proteína no rúmen, síntese de proteína microbiana, qualidade da proteína não degradada no rúmen, entre outros. Conforme esses fatores citados, a qualidade da fonte proteica é de suma importância para atender as exigências de manutensão e produção (CASTAÑEDA *et al.*, 2009).

O farelo de crambe surge como um alimento proteico promissor. É um coproduto da fabricação do biodiesel, o farelo de crambe apresenta elevado valor nutricional, pode substituir o farelo de soja como alimento proteico.

Quantificar a síntese de proteína microbiana no rúmen é uma importante ferramenta para analisar a qualidade e a quantidade de proteína na dieta. Existem muitas técnicas para estimar essa síntese, as quais demandam animais fistulados. Contudo, estudos comprovaram que é possível obter esta estimativa através da excreção urinária dos derivados de purina. É um método simples e não invasivo e pode ser realizado com apenas amostra de urina *spot*, quatro horas após a alimentação (PEREIRA *et al.*, 2010).

O balanceamento da alimentação dos bovinos leiteiros é essencial para o sucesso da produção. O excesso de proteína na dieta resultará em excreção de ureia pelo organismo, pois o nitrogênio quando não utilizado pelos microrganismos, é absorvido pelo epitélio ruminal na forma de amônia e convertido em ureia pelo fígado. A excreção elevada de ureia pelo animal significa que o teor de proteína (nitrogênio) na dieta está acima do desejável, resultando em perdas econômicas. A excreção de ureia pode ser causada também pela relação não balanceada da amônia e esqueleto carbônico advindos de fontes nitrogenadas e carboidratos, respectivamente. Esses dois elementos são a base para a síntese de proteína pelos microrganismos ruminais. Além da possível poluição ambiental que pode causar devido à excreção de nitrogênio no ambiente, há um gasto energético para o animal, que irá converter a amônia em ureia, já que esta é a forma de excreção do nitrogênio não utilizado pelo metabolismo.

Objetivou-se com o presente trabalho estimar a produção de proteína microbiana, bem como o balanço de nitrogênio em vacas leiteiras no terço médio de lactação, alimentadas com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), situada na cidade de Felixlândia, Minas Gerais, Brasil.

Foram utilizadas vinte vacas multíparas, F1 Holandês x Zebu, no terço médio de lactação, com peso médio  $547 \pm 44$  kg e produção de leite média de  $13,2 \pm 2,6$  kg/dia. Os animais foram alojados em baias individuais, de  $36 \text{ m}^2$  de área, com acesso livre a água e cochos individuais para alimentação.

O experimento teve duração de 27 dias, sendo os primeiros 20 dias para adaptação à dieta e os últimos sete dias para coleta de dados. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, constituído de cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos se basearam na substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe no concentrado, nos níveis de 0, 25, 50, 75 e 100%.

A composição nutricional dos ingredientes é apresentado na Tabela 7. As dietas isoproteicas foram formuladas segundo o NRC (2001) para que atendessem as exigências de manutenção e produção, considerando a relação volumoso:concentrado na matéria seca, 75:25 (Tabela 8). O volumoso utilizado foi a silagem de milho e as dietas foram oferecidas na forma de ração completa.

Tabela 7. Composição nutricional dos ingredientes das dietas experimentais contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja

Nutrientes (%MS)	Silagem de milho	Milho moído	Farelo de soja	Farelo de crambe
MS	86,42	83,98	94,67	91,75
MM	5,03	1,56	6,36	6,28
PB	7,41	8,38	44,39	32,26
EE	3,42	4,80	2,36	0,31
FDNp	44,55	21,83	12,32	27,98
FDAp	25,54	1,64	6,32	16,70
CNF	39,59	63,43	34,57	33,17

MS=Matéria seca; MM=Matéria mineral; PB=Proteína bruta; EE=Extrato etéreo; FDN=Fibra em detergente neutro; FDA=Fibra em detergente ácido; CNF=Carboidratos não fibrosos.

Tabela 8. Composição das dietas experimentais contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja

Ingredientes (%)	Níveis de substituição do farelo de soja (%)				
	0	25	50	75	100
Silagem de milho	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
Fubá de milho	15,00	14,25	13,75	13,00	12,00
Farelo de soja	9,25	7,50	5,25	2,82	0,00
Farelo de crambe	0,00	2,50	5,25	8,43	12,25
Suplemento vitamínico mineral	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Total	100	100	100	100	100
Nutrientes (%MS)	Composição química				
MS	37,18	36,84	35,07	35,74	37,81
MM	4,73	4,68	4,93	4,78	4,88
PB	12,49	12,13	12,17	11,82	12,01
EE	2,59	2,44	2,60	2,76	2,58
FDNp	37,99	40,07	39,15	39,96	40,55
FDAp	16,53	16,83	17,04	17,01	17,48
FDAi	4,31	5,07	5,24	5,37	5,97
CNF	40,39	40,13	39,25	38,13	38,78
NDT	62,20	56,88	58,43	60,66	59,59
LIG	14,86	14,64	14,45	14,11	13,86

MS=Matéria seca; MM=Matéria mineral; PB=Proteína bruta; EE=Extrato etéreo; FDNp=Fibra em detergente neutro corrigida para proteína; FDAp=Fibra em detergente ácido corrigida para proteína; FDAi=Fibra em detergente ácido indigestível; CNF=Carboidratos não fibrosos; NDT=Nutriente digestíveis totais; LIG=Lignina.

Os animais foram alimentados *ad libitum* duas vezes ao dia, após as ordenhas da manhã e da tarde, às 9:00 e 15:00, respectivamente. Durante o período experimental as sobras foram retiradas e pesadas, ajustando a quantidade de alimento fornecido por animal, para que houvesse 5 a 10% de sobras.

Para a determinação da síntese de proteína microbiana, amostras *spots* de urina foram coletadas das vacas no 24º e 25º dia do período experimental, aproximadamente 4 horas após a alimentação matinal, durante micção estimulada por massagem na vulva, posteriormente formando uma amostra composta. A urina foi filtrada e alíquotas de 10 mL foram retiradas e diluídas em 40 mL de ácido sulfúrico 0,036N, para evitar hidrólise bacteriana dos derivados de purinas e precipitação de ácido úrico. As alíquotas foram armazenadas a -16°C para posteriores análises de ureia, alantoína e ácido úrico. Uma amostra de urina pura foi armazenada para

determinação dos compostos nitrogenados totais. Conjuntamente, houve coletas de amostras de sangue através de uma punção da veia coccígea no 24º e 25º dia, utilizando-se agulhas e seringas descartáveis e com tubo acelerador de coagulação. Após a coleta, as amostras foram centrifugadas e o soro sanguíneo acondicionado em recipientes eppendorf e congelados a -16°C, para análise de ureia.

As análises de alantoína na urina foram realizadas pelo método colorimétrico, segundo Fujihara *et al.* (1987), descrito por Chen e Gomes (1992). As determinações de creatinina, ácido úrico e ureia foram realizadas por meio de kits comerciais Labtest®, pelos sistemas colorimétrico (kit Labtest® Creatinina Ref.:35), enzimático (kit Labtest® Ácido Úrico Ref.:140) e enzimático-colorimétrico (kit Labtest® Ureia CE Ref.:27). A conversão dos valores de ureia em nitrogênio ureico foi realizada pela multiplicação dos valores obtidos pelo fator 0,466, correspondente ao teor de nitrogênio na ureia.

O volume urinário total diário foi estimado dividindo-se as excreções urinárias diárias de creatinina pelos valores observados de concentração de creatinina na urina, segundo Valadares Filho e Valadares (2001). O cálculo do volume diário foi feito empregando-se a relação entre a excreção diária de creatinina (EC) em função do peso vivo (PV), e a sua concentração nas amostras “spot” de urina, adotando-se a equação proposta por Chizzotti (2004):

$$EC \text{ (mg/kgPV)} = 32,27 - 0,01093 \times PV$$

A excreção total de derivados de purina foi calculada pela soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretados na urina, expresso em mmol/dia.

As purinas absorvidas (X, mmol/dia) foram calculadas a partir da excreção total de derivados de purinas, por meio da equação  $Y = 0,85X + 0,385PV^{0,75}$ , em que 0,85 é a recuperação das purinas absorvidas como derivados de purinas e  $0,385PV^{0,75}$  é a contribuição endógena para a excreção de purinas (CHEN e GOMES, 1992).

A síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen (Y, g N/dia) foi calculada em função das purinas absorvidas (X mmol/dia) por meio da equação  $Y = (70X) / (0,116 \times 0,83 \times 1000)$ , em que 70 representa o conteúdo de N das purinas (mg N/mmol); 0,83 a digestibilidade das purinas microbianas e 0,116 a relação N-purina:N-total nas bactérias (CHEN e GOMES, 1992). A síntese de proteína microbiana (g/dia) foi calculada multiplicando a síntese de compostos nitrogenados microbianos no rúmen pelo fator de conversão 6,25.

O balanço de nitrogênio foi calculado segundo Mendes (2009) por meio das seguintes fórmulas:

$$\text{Nitrogênio absorvido (g/dia)} = \text{N consumido} - \text{N fecal};$$

Nitrogênio retido (g/dia) = N absorvido – N urinário; e

Balanco de N (% N absorvido) = (N retido/N absorvido)\*100

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão pelo comando PROC REG do programa *Statistical Analysis System* versão 9.0 (SAS, 2004).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe não alterou ( $P>0,05$ ) nenhuma das variáveis da síntese de proteína microbiana (Tabela 9).

Tabela 9. Efeito da substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe na alimentação de vacas F1 Holandês x Zebu, sobre a síntese de proteína microbiana

Variável	Nível de substituição do farelo de soja (%)					P-Valor	CV (%)
	0	25	50	75	100		
EAU	3,51	5,42	4,09	3,56	3,86	0,500	26,00
EALA	313,20	402,37	299,08	163,54	295,34	0,075	31,21
Nmic	233,09	250,66	222,32	163,43	218,89	0,167	23,35
Ptmic	1456,83	1566,63	1389,48	1021,46	1368,06	0,167	23,35
EFmic	12,50	14,23	11,73	9,17	11,87	0,136	21,51

EAU = Excreções diárias de ácido úrico na urina (mmol/dia); EALA = Excreções diárias de alantoína na urina (mmol/dia); Nmic = Compostos nitrogenados microbianos (g N/dia); Ptmic = Síntese de proteína microbiana (g/dia); EFmic = Eficiência microbiana (g de Ptmic/100gNDT); P-valor; CV= Coeficiente de variação.

Não houve efeito ( $P>0,05$ ), em nenhum dos níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe, para as variáveis: excreção de compostos nitrogenados microbianos, síntese de proteína microbiana e eficiência microbiana. Efeito semelhante foi relatado por Silva *et al.* (2001) ao determinarem uma metodologia não invasiva para estimar a produção de proteína microbiana, utilizando excreção total de derivados de purinas a partir de coletas de urina total e *spot* e também por Oliveira *et al.* (2001), ao estimarem produção de proteína microbiana de vacas Holandesas.

O melhor resultado para a eficiência microbiana foi para o tratamento com 25% de substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe (14,23 g de Ptmic/100 g de NDT) o qual está acima da eficiência ideal recomendada pelo NRC (2001), 13 g de Ptmic/100 g de NDT. O que pode explicar o melhor resultado no tratamento com 25% de substituição é a relação nitrogênio: energia oriundos da dieta. A síntese de proteína microbiana depende da disponibilidade de carboidrato e nitrogênio no rúmen (NRC, 2001). Segundo Lima *et al.* (2013), para que haja maximização do crescimento microbiano, é necessário uma sincronização entre a disponibilidade de energia fermentável e nitrogênio degradável. Quando esses componentes

estão em desequilíbrio, resulta em uma utilização ineficaz de substratos fermentáveis e reduz a síntese de proteína microbiana, reduzindo conseqüentemente a eficiência microbiana. O tratamento com 25% pode ter tido uma melhor relação nitrogênio:energia do que os demais tratamentos, mostrando assim o seu melhor rendimento, que pode ter sido influenciado também pelo menor consumo de NDT (Tabela 10). Sabe-se que a cinética de degradação de carboidratos e proteínas varia de acordo com a fonte alimentar, a sua composição química e o método de processamento (NRC, 2001).

Tabela 10. Consumo médio de nutrientes por vacas leiteiras alimentadas com farelo de crambe em substituição ao farelo de soja da dieta

Consumo (kg/dia)	Níveis de substituição do farelo de soja (%)					P	CV (%)
	0	25	50	75	100		
CMN	50,32	52,51	56,21	51,36	52,47	0,669	8,72
CMS	18,47	19,26	19,94	18,16	19,43	0,747	8,32
CMM	0,86	0,89	0,95	0,85	0,91	0,727	11,70
CFDNp	6,73	7,53	7,59	7,07	8,16	0,068	10,53
CFDAp	2,75	3,05	3,23	2,89	3,33	0,082	11,11
CPB	2,39	2,42	2,50	2,22	2,35	0,390	8,33
CEE	0,52	0,48	0,57	0,54	0,54	0,279	11,94
CCNF	7,77	7,82	8,19	7,33	7,24	0,247	10,69
CNDT	11,57	11,06	11,78	11,15	11,49	0,951	5,99

CMN = Consumo de matéria natural; CMS = Consumo de matéria seca; CMM = Consumo de matéria mineral; CFDNp = Consumo de fibra em detergente neutro corrigida para proteína; CFDAp = Consumo de fibra em detergente ácido corrigida para proteína; CPB = Consumo de proteína bruta; CEE = Consumo de extrato etéreo; CCNF = Consumo de carboidratos não fibrosos; CNDT = Consumo de nutrientes digestíveis totais; P-valor; CV = Coeficiente de variação.

Segundo Jenata *et al.* (2010), a mensuração da excreção dos derivados de purina na urina é um importante método que estima a proteína microbiana oriunda do rúmen. As purinas mensuradas na urina são originárias da produção de proteína microbiana, pois segundo Chen e Gomes (1992), os alimentos fornecidos aos ruminantes contêm baixo teor de purinas, então os derivados de purinas mensurados na urina são de origem microbiana. As purinas são então absorvidas, degradadas, e seus metabólitos excretados na urina de bovinos, como alantoína e ácido úrico.

As concentrações de ácido úrico no trabalho de Lima *et al.* (2013) foram influenciados pela inclusão de torta de girassol com um aumento de 52,30% no nível mais alto de inclusão, com uma média geral de 7,07 mmol/dia, superior ao valor encontrado no presente trabalho, onde não houve diferença significativa. Jenata *et al.* (2010), estudando o efeito de quatro

árvores tropicais ricas em proteína na alimentação de bovinos, não encontraram diferença significativa na concentração do ácido úrico excretado na urina.

Segundo Chen e Gomes (1992), os derivados de purina em bovinos são representados pelo ácido úrico e alantoína, com uma proporção de 15 a 20% de ácido úrico e 80 a 85% de alantoína. Eles afirmaram que essa proporção é constante. Entretanto, tal afirmação não foi constatada neste trabalho, onde a porcentagem de ácido úrico dos tratamentos foi de 1,11, 1,13, 1,35, 2,13 e 1,29%. Este acontecimento já foi relatado em outros trabalhos (CASTAÑEDA *et al.*, 2009; LIMA *et al.*, 2013). Pelo fato de os bovinos apresentarem enzimas ativas que convertem os derivados de purinas, pode ser atribuído este resultado a maior atividade dessas enzimas. Segundo Chen e Gomes (1992) a hipoxantina e a xantina são convertidas em ácido úrico pela xantina oxidase. Mas o ácido úrico pode também ser convertido em alantoína pela ação da uricase (CHEN E ØRSKOV, 2003), podendo assim explicar a diferença dos valores encontrados no presente trabalho em relação aqueles citados por Chen e Gomes (1992). Houve assim uma intensa atividade da urease no metabolismo dos animais, diminuindo a quantidade de ácido úrico em relação à alantoína.

Segundo Castañeda *et al.* (2009), a ocorrência de diferentes resultados encontrados na literatura ocorre por diversos fatores como por exemplo, proporção de volumoso e concentrado da dieta, porcentagem de fibra e porcentagem de proteína degradável no rúmen.

Com base nos resultados da síntese de proteína microbiana, provavelmente os fatores antinutricionais presentes no farelo de crambe não afetaram o crescimento microbiano no rúmen. Pretto *et al.* (2014) estudaram os nutrientes, fatores antinutricionais e digestibilidade protéica *in vitro* do farelo de crambe. Eles afirmaram que o farelo de crambe apresenta na sua forma *in natura* alguns componentes antinutricionais como, fenóis totais (0,98%), taninos condensados (0,04%), taninos hidrolisáveis (0,62%) e o ácido fítico (2,26%), além dessas, o farelo de crambe apresenta o ácido erúrico (CARLSON *et al.*, 1983; LIU *et al.*, 1993; BÖHME *et al.*, 2005) e o glicosinolato (LAMBERT *et al.*, 1970; PERRY *et al.*, 1979; KNIGHTS, 2002; CANOVA *et al.*, 2015). Sabe-se que o ácido fítico atua como fator antinutricional somente em animais monogástricos, pois em animais ruminantes, os microrganismos presentes no rúmen produzem a enzima fitase que é responsável em quebrar a molécula de ácido fítico. O ácido erúrico é extraído nas indústrias para a fabricação de aditivos de borrachas e plásticos (LIU *et al.*, 1993), restando apenas pequenas quantidades que não afetam significativamente o metabolismo dos animais que consomem o farelo de crambe.

Segundo Tripathi e Mishra (2007), os ruminantes adultos são mais resistentes ao consumo de alimentos que contenham o glicosinolato em sua constituição, pois o

desenvolvimento da microbiota ruminal confere essa maior tolerância. Essa tolerância pode ser devido a uma redução do glicosinolato durante a fermentação ruminal, pois os microrganismos podem degradar esse componente (WALLIG *et al.*, 2002). Segundo ØRSKOV (1992), a proporção de tanino nas plantas pode interferir na sua degradação pelo rúmen, pelo fato de o tanino realizar ligação cruzada entre moléculas presentes na planta, servindo de proteção e inibindo a degradação dessas moléculas. Tal fato não ocorreu no presente trabalho, tendo em vista que o consumo de matéria seca não foi diferente entre os tratamentos, pois com teor elevado de tanino, que poderia estar presente no farelo de crambe, a dieta ficaria mais tempo no rúmen para que ocorresse a digestão, diminuindo o consumo diário.

Houve efeito significativo ( $P \leq 0,05$ ) da substituição do farelo de soja por farelo de crambe na dieta de vacas leiteiras sobre o nitrogênio excretado na urina (NU), nitrogênio ureico no soro (NS), nitrogênio retido (NR) e balanço de nitrogênio (BN) (Tabela 11).

Tabela 11. Balanço de nitrogênio em vacas F1 Holandês x Zebu alimentadas com dietas contendo farelo de crambe em substituição ao farelo de soja

Variável	Nível de substituição do farelo de soja (%)					P-Valor	CV (%)
	0	25	50	75	100		
NI	381,76	387,03	399,41	354,73	375,89	0,3903	8,33
NU	126,22	127,34	100,30	50,37	48,43	<0,0001	14,20
NS	91,20	58,42	63,66	63,69	59,77	0,0017	14,70
NF	149,29	177,11	180,59	148,09	156,73	0,7486	16,93
NL	70,36	76,02	76,86	75,18	64,69	0,5501	17,42
NA	232,47	227,54	226,93	206,64	219,15	0,1036	7,88
NR	35,8	24,86	46,87	81,08	106,03	<0,0001	37,67
BN	14,92	10,85	20,57	38,74	48,18	<0,0001	33,39
VU	14,85	12,73	14,10	9,60	11,59	0,0790	26,10

NI = Nitrogênio ingerido (g/dia); NU = Nitrogênio excretado na urina (g/dia); NS = Nitrogênio ureico no soro (g/dia); NF = Nitrogênio excretado nas fezes (g/dia); NL = Nitrogênio excretado no leite (g/dia); NA = Nitrogênio absorvido (g/dia); NR = Nitrogênio retido (g/dia); BN = Balanço de nitrogênio (% N absorvido); VU = Volume urinário (l/dia); P-valor; CV = Coeficiente de variação.

Com o aumento na inclusão do farelo de crambe em substituição ao farelo de soja nas dietas experimentais, houve uma redução linear na quantidade de nitrogênio excretado na urina ( $N_{urina} = 160,2967 - 23,2550x$ ;  $r^2 = 0,88$ ) e nitrogênio ureico no soro ( $N_{soro} = 84,6232 - 5,7577x$ ;  $r^2 = 0,43$ ). A relação entre o nitrogênio urinário e o nitrogênio fecal é importante para o meio ambiente pois, por ser menos volátil, o nitrogênio fecal pode ser mais vantajoso do que o nitrogênio urinário, pois haverá menores perdas de nitrogênio gasoso para a atmosfera. O efeito linear decrescente pode ser explicado pela melhor utilização do nitrogênio pelo

metabolismo animal, podendo ser influenciado pela reciclagem de nitrogênio. Segundo Reynolds *et al.* (2008), a reciclagem de nitrogênio é uma vantagem evolutiva dos ruminantes, que permite a reutilização de nitrogênio para produção de proteína pelos microrganismos ruminais, em períodos onde há uma deficiência de proteína oriunda da dieta ou um desbalanço entre carboidrato e proteína dietéticos. Segundo Pereira *et al.* (2010), 70% do nitrogênio consumido pelo ruminante pode ser reciclado e conservado pelo ciclo rumino-hepático, quando o nitrogênio oriundo da dieta é baixo. Com a diminuição da excreção de nitrogênio, houve uma tendência de redução linear no volume urinário ( $VU = 14,5036 - 0,0386x$ ;  $R^2 = 0,54$ ), pois há uma relação entre a quantidade de nitrogênio excretado com o volume urinário. Segundo Holter *et al.* (1982), é necessário um grande volume de urina para excretar o excesso de N consumido pelas vacas. Colmenero *et al.* (2006) e Colombini *et al.* (2012) observaram que com o aumento da suplementação da proteína bruta aos animais, aumentou-se o volume urinário, confirmando Holter *et al.* (1982). Colmenero *et al.* (2006) citaram ainda que qualquer aumento na ingestão de nitrogênio em dietas contendo mais do que 16,5% de proteína bruta em sua composição, este será excretado na urina, não justificando aumento além dessa porcentagem de proteína bruta, para alimentação de vacas de alta produção. O desbalanço na relação nitrogênio:energia no rúmen pode também interferir na excessiva excreção de ureia via urina. Nesse sentido pressupõe-se que o consumo de energia pelos animais durante o ensaio foi suficiente para atender o metabolismo microbiano no rúmen.

O balanço entre consumo e excreção de nitrogênio é ponto importante a ser considerado na alimentação de bovinos. O nitrogênio ingerido será, primeiramente, usado para atender as exigências de crescimento microbiano ruminal e, posteriormente atender as exigências do próprio animal. O excesso de proteína da dieta, o qual não é utilizado pelos microrganismos, é absorvido pelo epitélio ruminal na forma de amônia e transportado até o fígado, onde será convertido em ureia, pois a amônia é tóxica para os bovinos. Parte dessa ureia será reciclada no rúmen, podendo ser reaproveitada pelo animal e o restante, excretado através da urina, representando perda financeira, pois a proteína é um dos componentes dietéticos mais onerosos da dieta. Além disso, poderá haver poluição ambiental, devido à excreção elevada de ureia no meio ambiente.

Não houve efeito ( $P > 0,05$ ) dos níveis de substituição do farelo de soja pelo farelo de crambe para as variáveis nitrogênio excretado nas fezes, nitrogênio excretado no leite e nitrogênio absorvido. O nitrogênio ureico do leite pode ser utilizado como forma de avaliar a eficiência de utilização de nitrogênio (VASCONCELOS *et al.*, 2010) e por não apresentar efeito significativo ( $P > 0,05$ ), o farelo de crambe mostrou resultados satisfatórios sobre os níveis de

nitrogênio no leite, pelo fato do farelo de crambe ser um coproduto da produção de biodiesel e o farelo de soja ser o suplemento proteico mais utilizado na alimentação animal. Isto significa que, o farelo de crambe não prejudicou a eficiência de utilização de nitrogênio pelos animais.

Os resultados encontrados para nitrogênio retido ( $NR = 19,6444+0,7861x$ ;  $R^2= 0,85$ ) e o balanço de nitrogênio ( $BN = 7,7724+0,3776x$ ;  $R^2= 0,86$ ) podem ser explicados por funções lineares crescentes ( $P \leq 0,05$ ). O nitrogênio retido é uma variável que analisa o aproveitamento do nitrogênio pelos animais, pois é resultante da subtração do montante ingerido, das quantidades excretadas via urina, fezes e leite. Com o aumento da inclusão do farelo de crambe na dieta, houve um aumento do nitrogênio retido, mostrando melhor aproveitamento do nitrogênio oriundo da dieta. Todos os tratamentos apresentaram valores positivos no balanço de nitrogênio, indicando que houve retenção de nitrogênio no organismo animal e que o consumo de proteína atendeu às exigências dos animais. O balanço de nitrogênio positivo pode estar relacionado à melhor sincronização da degradação das moléculas proteicas e das moléculas energéticas, provocando a retenção de proteína no organismo animal (CRUZ *et al.*, 2006; AZEVEDO *et al.*, 2011).

### CONCLUSÃO

O farelo de crambe pode substituir em até 100% o farelo de soja como alimento proteico na alimentação de vacas leiteiras, não alterando a síntese de proteína microbiana e melhorando o balanço de nitrogênio até os níveis de 12,25% de inclusão na dieta e um consumo de 2 kg/dia de farelo de crambe.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO, J.A.G. *et al.* Consumo, digestibilidade total, produção de proteína microbiana e balanço de nitrogênio em dietas para ruminantes de subprodutos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.1, p.114-123, 2011.

BÖHME, H. *et al.* Feeding value of crambe press cake and extracted meal as well as production responses of growing-finishing pigs and dairy cows fed these by-products. **Archives of Animal Nutrition**, v.59, n.2, p.111-122, 2005.

CANOVA, E.B. *et al.* Crambe cake (*Crambe abyssinica hochst*) on lamb diets. **Ciência e Agrotecnologia**, v.39, n.1, p.75-81, 2015.

CARLSON, K.D.; TOOKEY, H.L. Crambe meal as a protein source for feeds. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.60, n.12, p.1979-1985, 1983.

CASTAÑEDA, R.D. *et al.* Substituição de ureia por cloreto de amônio em dietas de bovinos: digestibilidade, síntese de proteína microbiana, parâmetros ruminais e sanguíneos. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.31, n.3, p.271-277, 2009.

CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - an overview of technical details. **International Feed Research Unit. Bucksburnd, Aberdeen: Rowett Research Institute**, n.1, p.21, 1992.

CHEN, X.B.; ØRSKOV, E.R. Research on urinary excretion of purine derivatives in ruminants: past, present and future. **International Feed Resources Unit, Macaulay Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, United Kingdom**. 2003

CHIZZOTTI, M.L. Avaliação da casca de algodão para novilhos de origem leiteira e determinação da excreção de creatinina e produção de proteína microbiana em novilhas e vacas leiteiras. 2004. 108f. Dissertação (Pós graduação em Zootecnia/ Magister Scientiae) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa. Minas Gerais, 2004.

COLMENERO, J.J.O; BRODERICK, G.A. Effect of dietary crude protein concentration on milk production and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.89, n.5, p.1704-1712, 2006.

COLOMBINI, S. *et al.* Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v.95, n.8, 4457-4467, 2012.

CRUZ, M.C.S. *et al.* Balanço de nitrogênio e estimativas de perdas endógenas em vacas lactantes alimentadas com dietas contendo palma forrageira e teores crescentes de ureia e mandioca. **Acta Scientiarum. Animals Sciences**, v.28, n.1, p.47-55, 2006.

HOLTER, J.B.; BYRNE, J.A.; SCHWAB, C.G. Crude Protein for High Milk Production. **Journal of Dairy Science**, v.65, n.7, p.1175-1188, 1982.

HRISTOV, A.N. *et al.* Effect of replacing solvent-extracted canola meal with high-oil traditional canola, high-oleic acid canola, or high-erucic acid rapeseed meals on rumen

fermentation, digestibility, milk production, and milk fatty acid composition in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.94, n.8, p.4057-4074, 2011.

JENATA, T. *et al.* Apparent Digestibility, Nitrogen Balance, Ruminant Microbial Nitrogen Production and Blood Metabolites in Thai Brahman Cattle Fed a Basal Diet of Rice Straw and Supplemented with Some Tropical Protein-rich Trees. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v.23, n.4, p.465-474, 2010.

KNIGHTS, S.E. Crambe: a north Dakota case study. **A report for the rural industries research a development corporation**, 25p, 2002. Disponível em <<http://www.rirdc.gov.au>>. Acesso em: 02 de março de 2015.

LAMBERT, J.L. *et al.* Crambe meal protein and hulls in beef cattle rations. **Journal of Animal Science**, v.31, n.3, p.601-607, 1970.

LIMA, H.L. *et al.* Nitrogenous compounds balance and microbial protein synthesis in steers supplemented with sunflower crushed in partial replacement of soybean meal. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.35, n.3, p.281-288, 2013.

LIU, Y.G.; STEG, A.; HINDE, V.A. Crambe meal: a review of nutrition, toxicity and effect of treatments. **Animal Feed Science and Technology**, v.41, n.2, p.133-147, 1993.

MENDES, C.Q. Fontes nitrogenadas com diferentes taxas de degradação ruminal na alimentação de ovinos. 2009. 126f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Pastagens) Universidade de São Paulo/ Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP/ESALQ, Piracicaba, São Paulo, 2009.

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

OLIVEIRA, A.S. *et al.* Produção de Proteína Microbiana e Estimativas das Excreções de Derivados de Purinas e de Ureia em Vacas Lactantes Alimentadas com Rações Isoprotéicas Contendo Diferentes Níveis de Compostos Nitrogenados Não-Protéicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.5, p.1621-1629, 2001.

ØRSKOV, E.R. **Protein nutrition in ruminants**. 2.ed. London: Academic Press. 1992, 175p.

PEREIRA, E.S. *et al.* Digestão intestinal da proteína de forrageiras e coprodutos da agroindústria produzidos no Nordeste brasileiro por intermédio da técnica de três estágios. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.11, n.2, p.403-413, 2010.

PEREIRA, T.C.J. *et al.* Excreção de Derivados de Purinas na Urina de Cabras em Lactação. **Revista Científica de Produção Animal**, v.12, n.2, p.200-203, 2010.

PERRY, T. W. *et al.* 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.

PRETTO, A. *et al.* Nutrientes, antinutrientes e detoxificação do farelo de crumbe para uso na nutrição animal. **Semina: Ciências Agrárias**, v.35, n.6, p.3345-3354, 2014.

REYNOLDS, C.K.; KRISTENSEN, N.B. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. **Journal of Animal Science**, v.86, p.293-305, 2008.

SANTOS, J.F. *et al.* Resposta de vacas leiteiras à substituição parcial de farelo de soja por ureia encapsulada. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.63, n.2, p.423-432, 2011.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS users guide**: statistics. Cary: 2004.

SILVA, R.M.N. *et al.* Ureia para Vacas em Lactação. 2. Estimativas do Volume Urinário, da Produção Microbiana e da Excreção de Ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1948-1957, 2001.

TRIPATHI, M.K; MISHRA, A.S. Glucosinolates in animal nutrition: A review. **Animal Feed Science and Technology**, v.132, n.1-2, p.1-27, 2007.

VALADARES FILHO, S. C.; VALADARES, R. F. D. Recentes avanços em proteína na nutrição de vacas leiteiras. In: Sinleite - Bovinocultura de Leite: Novos Conceitos em Nutrição, 2., 2001, Lavras. **Anais**. Lavras: UFLA, 2001. p. 229-248.

VASCONCELOS, A.M. *et al.* Parâmetros ruminais, balanço de compostos nitrogenados e produção microbiana de vacas leiteiras alimentadas com soja e seus subprodutos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.425-433, 2010.

WALLIG, M.A.; BELYEA, R.L.; TUMBLESON, M.E. Effect of pelleting on glucosinolate content of Crambe meal. **Animal Feed Science and Technology**, v.99, n.1-4, p.205-214, 2002.

## **5. CONCLUSÃO GERAL**

Pode-se substituir o farelo de crambe pelo farelo de soja na alimentação de vacas F1 Holandês x Zebu até os níveis de 12,25% de inclusão na dieta e um consumo de 2 kg/dia.