



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

CAMPUS JATAÍ

CURSO DE ZOOTECNIA

RÉGIS SOUZA DE OLIVEIRA

**DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE CO-PRODUTOS DA INDÚSTRIA DO
BIODIESEL**

JATAÍ – GO

2013

RÉGIS SOUZA DE OLIVEIRA

**DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE CO-PRODUTOS DA INDÚSTRIA DO
BIODIESEL**

Relatório de Projeto Orientado
apresentado ao Colegiado do
Curso de Zootecnia, como
parte das Exigências para a
obtenção do Título de Bacharel
em Zootecnia.

Orientadora
Dra. Marcia Dias

JATAÍ – GO

2013

RÉGIS SOUZA DE OLIVEIRA

**DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE CO-PRODUTOS DA INDÚSTRIA DO
BIODIESEL**

Relatório de Projeto Orientado
apresentado ao Colegiado do
Curso de Zootecnia, como
parte das Exigências para a
obtenção do Título de Bacharel
em Zootecnia.

Aprovada em 12 de agosto de 2013

Dra. Marcia Dias UFG-Jataí _____

Dr. Vinicio Araujo Nascimento UFG-Jataí _____

Dra. Ana Luisa Aguiar de Castro UFG-Jataí _____

Dra. Marcia Dias
Orientadora

JATAÍ – GO

2013

Dedico esse trabalho a minha Namorada
Nayara Dutra de Carvalho e aos meus pais
Clézio Claro de Oliveira e Dilma Souza de
Oliveira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me iluminado na minha jornada dentro da faculdade e ter colocado pessoas especiais em meu caminho.

A Universidade Federal de Goiás/Campus Jataí pela oportunidade de realização do curso de Zootecnia.

A minha namorada Nayara pelo apoio que me deu e pela compreensão nos momentos difíceis.

Aos meus pais pelo incentivo que me deram para que eu voltasse a estudar depois de cinco anos parado.

Agradeço também aos meus colegas e amigos em especial ao Nathan, Wellington, Hugo, Nayanny, Lara, Virgílio, Caroline e aos demais que de alguma forma contribuíram com minha jornada.

Agradeço a professora Marcia Dias por ter aceitado me orientar e ter contribuído com meu aprendizado e também aos professores que compuseram a banca.

A todos meu muito obrigado!!!!

SUMÁRIO

CAPITULO 1	07
1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	08
1.1 Co-produtos do biodiesel.....	08
1.2 Degradabilidade <i>in situ</i>	12
2 REFERÊNCIAS.....	13
CAPITULO 2	17
RESUMO.....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	24
CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS.....	32

CAPITULO 1

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

No sistema de produção animal, a alimentação representa o item de maior custo, sendo diretamente relacionada à oferta de alimento de determinada região, tornando-se, portanto, fator determinante para a viabilização do sistema produtivo. Assim, faz-se necessário a minimização de custos por meio da busca de alternativas à substituição de alimentos da dieta que possam aumentar a margem de lucro da atividade e que possibilitem desempenho, pelo menos, semelhantes àqueles obtidos com itens de uso já consagrado (CNA, 2010).

Os co-produtos da indústria do biodiesel surgem como alternativa para substituição dos ingredientes já consagrados (milho e soja), pois o Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com produção anual, em 2010, de 2,4 bilhões de litros e capacidade instalada, no mesmo ano, de 5,8 bilhões de litros, segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2011). Quando a mistura obrigatória de biodiesel ao diesel era de apenas 3%, o Brasil apresentava potencial de produção de tortas e/ou farelos na ordem de 14.746 kg/ha/ano (Abdalla et al., 2008).

O domínio da tecnologia de utilização dos diversos tipos de co-produtos do biodiesel na alimentação animal ainda é escassa dependendo do co-produto, bem como, o conhecimento do mesmo pode maximizar a produtividade pecuária e agregar valores ao processo produtivo do biodiesel. Neste cenário, os co-produtos originados na cadeia produtiva do biodiesel no Brasil têm sido estudados como possíveis ingredientes de dietas para ruminantes.

Co-produtos do biodiesel

A partir de 2013, com a obrigatoriedade da inclusão de 5% de biodiesel ao óleo diesel comercializado em todo o território nacional (Brasil, 2005) ocorrerá aumento na produção dos farelos e das tortas, principais co-produtos da produção do biodiesel. Esses co-produtos, além de apresentarem grande impacto no custo total de produção do biodiesel (Barros et al., 2006), representam fonte alternativa para a alimentação dos ruminantes, contribuindo com a diminuição dos custos de produção, visto que que a

alimentação corresponde a, aproximadamente, 85% dos custos totais de produção (Coan et al., 2008).

O Brasil apresenta grande variedade de oleaginosas para produção de biodiesel devido a diversidade climática e de ecossistemas. As principais oleaginosas cultiváveis no Brasil que poderiam ser utilizadas para a fabricação de biodiesel são a soja (*Glycine max*), o girassol (*Helianthus annuus*), a mamona (*Ricinus communis*), o dendê (*Elaeis guineensis*), o pinhão-manso (*Jatropha curcas*), o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), o algodão (*Gossypium spp. L.*), o amendoim (*Arachis hypogaea*), a canola (*Brassica napus*), o gergelim (*Sesamum orientale*), o babaçu (*Orrbignya speciosa*) e a macaúba (*Acrocomia aculeata*); (Pina et al., 2006; Ribeiro et al., 2007; Abdalla et al., 2008).

Devido a gama de espécies vegetais destinadas a produção de biodiesel, produz-se número elevado de co-produtos, os quais, sem a devida destinação, podem constituir problema em função de seu acúmulo no ambiente. A produção de tortas e farelos a partir de oleaginosas, correspondente ao biodiesel produzido em 2008, é estimada em 3,7 milhões de toneladas. Considerando as mesmas proporções, o Brasil produzirá cerca de 8,9 milhões de toneladas de torta em 2013 (Abdalla et al., 2008). A composição bromatológica varia em função da espécie, do cultivar da oleaginosa e do tipo de extração, sendo que tortas são obtidas após a extração mecânica e farelos após a extração com solvente.

A maioria das tortas ou farelos das oleaginosas resultantes da produção de biodiesel no Brasil é passível de utilização na alimentação animal, porém, cada uma com suas particularidades no que diz respeito aos cuidados para fornecimento na alimentação dos animais devido à fatores tóxicos ou antinutricionais que possuem.

O conteúdo protéico destes co-produtos é alto (35%), com variação de 14 a 60%, sugerindo utilização como fonte de proteína para os animais (Jardim, 1976). Muitos co-produtos apresentam altos valores de fibra em detergente neutro (FDN) na composição bromatológica. Esta porção tem sido classificada por alguns autores como "fibra de origem não forrageira" e pode apresentar diferentes comportamentos quando substitue a fibra das forragens (Jeffrey, 1997). Variações na digestão do FDN de co-produtos em relação às forragens podem resultar em mudanças físicas na digestão e alterações no desempenho animal. Desta forma, a realização de estudos de digestão com esses

alimentos é necessária para viabilizar sua utilização na alimentação animal e possibilitar maior competitividade aos pequenos produtores.

Uma limitação da utilização dos co-produtos da indústria do biodiesel na alimentação animal são os fatores antinutricionais ou compostos bioativos específicos, desde agentes goitrogênicos, glucosinolatos, ácido fítico, gossipol, tanino e saponinas, até compostos altamente tóxicos, como no caso do forbol encontrado em tortas de pinhão manso. Entretanto, alguns desses compostos são termolábeis e o desenvolvimento de variedades livres tem favorecido a introdução das tortas e farelos na dieta de ruminantes (Abdalla et al., 2008).

A soja (*Glycine max*) representa mais da metade do total de grãos de leguminosas produzidos no mundo e, nos últimos 30 anos, tornou-se a principal fonte de proteína vegetal em virtude do seu valor nutritivo (Oliveira et al., 2005).

Essa diversidade é possível porque as indústrias de processamento de soja produzem co-produtos (farelo e óleo) que se constituem em importante matéria-prima para diversos setores industriais (Freitas et al., 2001). O Brasil, segundo maior produtor de grãos de soja do mundo, produziu na safra 2005/06 o montante de 53.053 (1.000 toneladas) de grãos de soja, sendo que destes exportou 22.389 (1.000 toneladas) de grãos, 13.889 (1.000 toneladas) de farelo e 2.595 (1.000 toneladas) de óleo (Abiove, 2007).

A soja pode ser usada na alimentação animal na forma de semente, casca ou farelo. A semente é rica fonte de proteína (38 a 39% na MS) e energia (18% de óleo); (Teixeira, 1998). A proteína da soja apresenta perfil aminoacídico que contém todos os aminoácidos essenciais aos ruminantes em proporção adequada para atender parte das exigências desses animais (AFRC, 1993). O óleo é rico em ácidos graxos polinsaturados ômega 6 (ácido linoleico) e ômega 3 (ácido alinolênico), essenciais para crescimento, desenvolvimento e funcionamento saudável dos organismos. O óleo de soja também é rico em vitamina E, importante antioxidante que ajuda a retardar o envelhecimento das células e dos tecidos do organismo e contribui para o fortalecimento das defesas do organismo (Lehninger et al., 2006).

O farelo de soja é o co-produto obtido após a extração do óleo do grão da soja para consumo humano e animal ou fabricação de biodiesel (Ferrari et al., 2005). Dependendo do processo de extração solvente ou prensa contínua *expeller* o farelo pode

ter de 44% a 48% de proteína. A proteína do farelo obtida pelo método *expeller* é menos degradável no rúmen que a obtida por solvente. É considerado alimento protéico por excelência e fonte de proteína básica usada no preparo de rações animais, tem altos níveis de proteína rica em aminoácidos essenciais, energia e aceitabilidade (Silva, 2006). O farelo de soja é uma boa fonte de lisina e o tratamento por calor, usado para inibir ou inativar fatores tóxicos, também melhora a disponibilidade da metionina, seu aminoácido mais limitante.

A crambe, por sua vez, por apresentar elevada concentração de óleo, também pode ser utilizada na produção de biodiesel. A extração do óleo pode ser feita de forma mecânica, com extrusora ou prensa (Souza et al., 2009).

Assim como na soja, o resíduo da extração do óleo da crambe resulta em dois co-produtos, o farelo de crambe, que apresenta características desejáveis a um concentrado proteico de boa qualidade, tornando uma alternativa na alimentação de ruminantes (Mizubuti et al., 2011). O outro co-produto é a torta de crambe, que é oriunda da extração do óleo da semente por prensa, apresenta elevado teor proteico (20 a 30%) e energético (em torno de 29%) e é considerada uma boa alternativa na alimentação de ruminantes, evitando assim o descarte do resíduo no meio ambiente.

Em estudos feitos por Mizubuti et al. (2011) foi relatado que a torta de crambe é co-produto com perfil de cinética de fermentação ruminal, sendo potencial fornecedor de energia para a dieta de ruminantes. Os mesmos autores relataram que a torta de crambe possui valores de PB abaixo do encontrado para o farelo de soja, contudo, afirmaram que a proteína de ambos está prontamente disponível para os microrganismos ruminais.

A torta de crambe apresenta-se como um ingrediente proteico e elevado teor de fibras de baixa digestibilidade, com potencial de uso para ruminantes. Oriunda do processo de prensagem mecânica para extração do óleo constitui-se do pericarpo, rico em fibras, e dos cotilédones, que são ricos em proteínas e óleo residual. Seus valores de PB variam de 20 a 30% (Hartwig et al., 2005). Mizubuti et al. (2011) encontraram valor de 29,17% de PB na torta de crambe e Brás (2011) encontrou valor de PB de 24,67%, demonstrando que a torta de crambe é uma excelente fonte proteica para os ruminantes. Já para o farelo de crambe, Mizubuti et al. (2011) encontraram teor de PB

de 37,07% próximo do valor encontrado por Anderson et al. (1993) de 34,6%. Apresentando, assim, como um bom ingrediente proteico.

Outro co-produto importante obtido após a extração do óleo de grãos de uma oleaginosa durante a fabricação do biodiesel é o farelo de girassol, que é feita utilizando o hexano como solvente. Desse processo obtém-se, em média, 45% de óleo, 25% de casca e 30% de farelo. Trata-se de fonte proteica e pode estar disponível no mercado a preços mais baratos quando confrontadas com outras fontes de proteínas vegetais, tornando-se alternativa como fonte de proteínas nas rações animais, podendo ser utilizada na alimentação de ruminantes, e apresenta boa palatabilidade para bovinos.

O teor de proteína bruta do farelo de girassol pode variar de 28 a 42% (Cati, 2001). Em trabalhos realizados por Van Cleef et al. (2011) foi encontrado valores de PB para o farelo de girassol de 32,50% e de 29,62% por Beran et al. (2005).

O nabo forrageiro vem sendo muito utilizado nas regiões Sul, Sudeste, e Centro-Oeste. Apresenta alto teor de óleo (30 - 43%) com facilidade de extração. A baixa viscosidade de motores a diesel além de ser uma cultura de entressafra (Silva et al., 2005). Por meio do processamento para a obtenção do biodiesel, obtém-se o farelo de nabo forrageiro que apresenta alto teor proteico (em torno de 40,0%), com potencial para ser utilizado na alimentação animal (Cultura, 2003).

Degradabilidade *in situ*

Para que ocorra maximização da produção animal é imprescindível saber o que o alimento está fornecendo em nutrientes para o animal. Isso pode ser obtido através da análise de sua composição química bem como da degradabilidade ruminal.

Ao conhecer o que o alimento está suprindo em nutrientes ao animal, tem-se a possibilidade de formular suplementos que possibilitam a adequação do balanço dos nutrientes para crescimento microbiano e para a produção do animal, procurando a maximização da eficiência energética e proteica (NRC, 1996). A determinação da extensão e da taxa de degradação dos nutrientes é importante, pois determina o suprimento de energia para os microrganismos do rúmen, bem como a disponibilidade de nitrogênio para síntese de proteína microbiana.

A avaliação da degradabilidade ruminal é feita utilizando sacos de náilon, contendo substratos (alimentos) que são incubados no rúmen. De acordo com os intervalos de tempo determinados, os sacos são retirados do rúmen, lavados e analisados os resíduos (Huntington & Givens, 1997). Assim, o alimento fica em contato direto com o ambiente ruminal, utilizando a temperatura, o pH, o tamponamento e as enzimas sintetizadas pelos microrganismos presentes (Lira et al., 2000). A grande vantagem da técnica é poder caracterizar vários alimentos ao mesmo tempo, sendo econômica e prática (Sampaio, 1994).

A técnica *in situ*, sofre várias críticas, como restrição ao acesso microbiano à proteína (Meyer & Mackie, 1986), contaminação microbiana dos sacos (Nocek & Grant, 1987) e perda de nitrogênio que não foi degradado (Broderick, 1995). Nessa técnica os alimentos não estão sujeitos a todos os eventos digestivos, como mastigação, ruminação e passagem. Entretanto, ainda constitui importante biotécnica para avaliação de alimentos.

Referências

ABDALLA, A. L.; SILVA FILHO, J. C.; GODÓI, A. R. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.260-268, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÓLEOS VEGETAIS - ABIOVE. **Capacidade instalada da indústria de óleos vegetais**. 2007. Disponível em: <<http://www.abiove.com.br>> Acessado em: 28/07/13.

AGRICULTURAL AND FOOD RESEARCH COUNCIL - AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants**. Wallingford: CAB International, 1993. 159p.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - ANP. **Boletim Mensal do Biodiesel**, Dezembro 2011. Brasília, DF, 2011.

ANDERSON, V. L.; SLANGER, W. D.; BOYLES, S. 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.

BARROS, G. S. C.; SILVA, A. P.; PONCHIO, L. A. et al. Custos de produção de biodiesel no Brasil. **Revista Política Agrícola**, v.15, p.36-50, 2006.

BERAN, F. H. B.; SILVA, L. D. F.; RIBEIRO, E. L. A. et al. Degradabilidade ruminal “in situ” da matéria seca, matéria orgânica e da proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina Ciência Agrária**, v.26, n.3, p.405-417, 2005.

BRÁS, P. **Caracterização nutricional de co-produtos da extração de óleo em grãos vegetais em dietas de ovinos**. Nova Odessa - SP, 2011. 75p. : il. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Zootecnia. APTA/SAA.

BRASI, L. A. C. S.; DENUCCI, S.; PORTAS, A. A. Cultura do nabo forrageiro. **Circular técnico Cati**; n1, 2003. Disponível em: < www.cati.sp.gov.br >. Acesso em: 02 ago. 2013.

BRASIL. 2005. Lei nº 11097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; Altera as leis 9478, de 6 de agosto de 1997, 9847, de 26 de outubro de 1999 e 10 636, de 30 de dezembro de 2002; e da outras providencias. **Diário Oficial da União**. Brasília, seção 1, p. 8, 14 jan.

BRODERICK, G. A. Methodology for the determining ruminal degradability of feed proteins. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS EM RUMINANTES, 1995, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1995. p.139-176.

CATI, DSMM - **Secretaria de Agricultura e Abastecimento** (Informativo Técnico). 2001.

COAN, R. M.; REIS, R. A.; RESENDE, F. D. et al. Viabilidade econômica, desempenho e características de carcaça de garrotes em confinamento alimentados com dietas contendo silagem de capins Tanzânia ou marandu ou silagem de milho. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.37, p.311-318, 2008.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA AGRICULTURA - CNA. Composição da alimentação de confinamentos em Goiás, Mato Grosso e São Paulo. **Ativos da Pecuária de Corte**, ano 2, ed. 17. Brasília, DF, junho de 2010.

FERRARI, A. R.; OLIVEIRA, V. S.; SEABIO, A. Biodiesel de soja – taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. **Química Nova**, v.28, n.1, p.19-23, 2005.

FREITAS, J. A.; GUIM, A.; FREITAS, E. M. Q. et al. Efeito da amonização sobre a composição bromatológica e digestibilidade “*in vitro*” do bagaço de cana-de-açúcar. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba - SP. **Anais...** Piracicaba - SP: SBZ, 2001.

HARTWIG, B.; KAMPF, D.; LEBZIEN, P. 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.

HUNTINGTON, J. A.; GIVENS, D. I. Studies on *in situ* degradation of feeds in the rumen: 1. Effect of species, bag mobility and incubation sequence on dry matter disappearance. **Anim. Feed Sci. Technol.**, v.64, n.1, p.227-241, 1997.

JARDIM, W.R. **Alimentos e alimentação do gado bovino**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1976. 338p.

JEFFREY, L.F. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion. **Journa of Dairy Science**, v.80, p.1426-1437, 1997.

LEHNINGER, A. L.; NELSON, D. L.; COX, M. M. **Principles of biochemistry**. 4ed. New York: W. H. Freeman, 2006. 1232p.

LIRA, V. M.; PEREIRA, J. C.; VIERA, R. A. M. et al. Cinética de degradação ruminal da matéria seca e fibra em detergente neutro do Capim Braquiária na estação seca e chuvosa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, 2000, Viçosa. **Anais...** Viçosa: SBZ, 2000, 964par (CD-ROM).

MEYER, J. H. F.; MACKIE, R. I. Microbiological evaluation of the intraruminal in sacculus digestion technique. **Applied Environment Microbiology**, v.51, p.622-629, 1986.

MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; PEREIRA, E.S. et al. Cinética de fermentação ruminal in vitro de alguns co-produtos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Ciências Agrárias**, v.32, p.2021-2028, 2011.

NOCEK, J. E.; GRANT, A. L. Characterization of in situ nitrogen and fiber digestion and bacterial nitrogen contamination of hay crop forages preserved at different dry matter percentagem. **Journal Animal Science**, v.64, p.552-564, 1987.

NUTRITIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington, D.C., 1996.

OLIVEIRA, A. C.; REIS, S. M. P. M.; MORAES, C. M. B. et al. O uso do destilado da desodorização do óleo de soja como fonte alternativa de vitamina E reduziu a evolução ponderal em ratos. **Revista de Nutrição**, v.18, n.5, p.693-697, 2005.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. 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.

RIBEIRO, G.M.; SAMPAIO, A.A.M.; FERNANDES, A.R.M. et al. Efeito da fonte protéica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2082-2091, 2007. (Suplemento)

SAMPAIO, I. B. M. Contribuições estatísticas e de técnica experimental para ensaios de degradabilidade de forragens quando avaliada *in situ*. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE RUMINANTES, 31, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.81-93.

SILVA, A. R. B.; MARTINEZ, M. M.; MAIA, J. C. S. et al. Comportamento de cultivares de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) em função da variação da população de espaçamento entre linhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANTAS

OLEAGINOSAS, ÓLEOS, GORDURAS E BIODIESEL, 2, Varginha, Minas Gerais, 2005. Varginha, MG. p.113-117, 2005.

SILVA, E. A.; RUAS, J. R. M.; SILVA, F. C. O. et al. Soja na alimentação animal. **Informe Agropecuário**, v.27, n.230, p.65-84, 2006.

SOUZA, A. D. V.; FÁVARO, S. P.; ITAVO, L. C. V. et al. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.10, 2009.

VAN CLEEF, E.H.C.B.; EZEQUIEL, J.M.B.; FONTES, N.A. et al. Consumo e digestibilidade de dietas contendo fontes energéticas associadas ao farelo de girassol ou ureia em novilhos confinados. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.33, n.2, p.163-168, 2011.

TEIXEIRA, A. S. **Alimentos e alimentação dos animais**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 402p.

CAPITULO 2

DEGRADABILIDADE *IN SITU* DE CO-PRODUTOS DA INDÚSTRIA DO BIODIESEL

RESUMO

Objetivou-se avaliar o uso de co-produtos da indústria do biodiesel (farelos de soja, de crambe, de girassol, de nabo forrageiro e da torta de crambe) como alimento na alimentação de bovino, a degradabilidade *in situ* farelos de soja, de crambe, de girassol, de nabo forrageiro e da torta de crambe. Para o ensaio de degradabilidade *in situ* foram utilizados três bovinos adultos, fistulados no rúmen, mantidos em pasto de *Brachiaria decumbens* e suplementados com concentrado. Os tempos avaliados foram 0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72, 96 e 120 horas. Para ajustamento dos dados na curva de degradação da MS, PB e da MO foi utilizada a equação proposta por Orskov & McDonald (1979), já a degradabilidade da FDN foi estimadas utilizando-se o modelo de Mertens & Loften (1980). O ajustamento dos dados ao modelo não-linear foram realizados pelo método iterativo de Gauss-Newton. Todas as análises dos dados foram realizadas no programa SAS versão 9.0 (2002) a 5% de probabilidade. Analisando a fração solúvel dos nutrientes os valores foram próximos variando de 30,83 a 34,56% para a MS, de 22,41 a 28,29% para a PB, e de 19,70 a 27,51% para a MO. O valor da fração potencialmente degradável (b) foi inferior em relação aos obtidos para o farelo de soja, tanto para MS quanto para PB e MO. Na taxa de degradação (c), a maior fração observada foi para a torta de crambe em relação aos outros alimentos, sendo superior ao farelo de soja em cerca de 76%. A degradabilidade potencial (DP) da MS, PB e da MO dos alimentos, o maior valor foi para o farelo de soja. A degradabilidade efetiva (DE) da MS, PB e MO, considerando a taxa de passagem de 2%/h e de 5%/h apenas para MS, seguiu o mesmo comportamento. A fração potencialmente degradável de FDN, do farelo de soja foi superior aos demais alimentos. Analisando os valores para as DE do FDN, observa-se a sua superioridade do farelo de soja (67,46; 52,73 e 43,28%) quando comparado aos outros alimentos (46,36; 42,25 e 38,82%). Com os resultados encontrados conclui-se que os alimentos analisados neste trabalho apresentam potencial para substituir o farelo de soja na suplementação de bovinos, apesar de terem resultados inferiores ao farelo de soja.

Palavras-chave: farelo de crambe, farelo de nabo forrageiro, farelo de girassol, farelo de soja, torta de crambe

ABSTRACT

Aimed to evaluate the use of co-products of biodiesel industry (bran of soybean, of crambe, of sunflower, of turnip and of crambe pie) as food in cattle feeding, the degradability of *in situ* bran of soybean, of crambe, of sunflower, of turnip and of crambe pie. To the degradability test of *in situ* were used three adult cattle, fistulated in rumen, maintained on pasture of *Brachiaria decumbens* and supplemented with concentrated. The times evaluated were 0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72, 96 and 120 hours. To adjustment of data in the degradation curve of MS, PB, and MO were used the equation proposed by Orskov & McDonald (1976), now the degradability of FDN was estimated using the model of Mertens & Loften (1980). The data adjustment to not linear model was realized by the interactive method of Gauss-Newton. All the analyses of data were realized in the program SAS version 9.0 (2002) in 5% of probability. Analyzing the soluble fraction of the nutrients the values were closed varying from 30,83 to 34,56% for MS, from 22,41 to 28,29% for PB, and from 19,70 to 27,51% for MO. The value of the fraction potentially degradable (b) was lower than the obtained to bran of soybean, as for MS as for PB and MO. In degradation rate (c), the biggest fraction observed was to crambe pie in relation to the others food, being superior to bran of soybean around 76%. The potential degradability (DP) of MS, PB and MO of the food, the biggest value was to bran of soybean. The effective degradability (DE) of MS, PB and MO, considering the rate passage from 2%/he of 5%/he only to MS, followed the same comportment. The fraction potentially degradable of FDN, of bran of soybean was superior to the other food. Analyzing the value to DE of FDN, was observed the superiority of bran of soybean (67, 46; 52,73 and 43,28%) when compared to the others food (43,36; 42,25 e 38,82%). With the results found was concluded that the food analyzed in this work present potential to substitute the bran of soybean in the supplementation of cattle, though they have different results lower than the bran of soybean.

Keywords: bran of crambe, bran of turnip, bran of sunflower, bran of soybean, crambe pie.

Introdução

O rebanho bovino brasileiro é criado principalmente em sistema extensivo, mas como os pastos não são manejados de forma adequada e também devido à sazonalidade das pastagens, ocorre abate de animais tardios, grande intervalo de gerações e irregularidades na qualidade e oferta de carne. Desta forma, para obtenção de melhor desempenho animal e maior produtividade, é necessária a suplementação de bovinos com concentrados balanceados em níveis de proteína e energia, que resultará em maior ganho de peso corporal. A adoção dessa metodologia para pequenas propriedades é inviabilizada pelo alto custo dos ingredientes comumente utilizados (milho e soja).

Com o intuito de baratear os custos da produção animal têm sido realizadas pesquisas baseadas na substituição dos alimentos tradicionais por alimentos alternativos, dos quais destacam-se os co-produtos da indústria do biodiesel pelos resultados satisfatórios (Pina et al., 2006; Ribeiro et al., 2007).

A utilização dos produtos alternativos diminuem os custos na produção e proporcionam destino ecológico e social para os resíduos. Os co-produtos da indústria do biodiesel podem ser uma alternativa viável, visto que o Brasil possui potencial para a produção de oleaginosas utilizadas na fabricação de biodiesel. As principais oleaginosas cultiváveis no Brasil que podem ser utilizadas para a fabricação de biodiesel são a soja (*Glycine max*), o girassol (*Helianthus annuus*), a mamona (*Ricinus communis*), o dendê (*Elaeis guineensis*), o pinhão-manso (*Jatropha curcas*), o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), o algodão (*Gossypium spp. L.*), o amendoim (*Arachis hypogaea*), a canola (*Brassica napus*), o gergelim (*Sesamum orientale*), o babaçu (*Orrbignya speciosa*) e a macaúba (*Acrocomia aculeata*) (Pina et al., 2006; Ribeiro et al., 2007; Abdalla et al., 2008).

Uma limitação da utilização dos co-produtos da indústria do biodiesel na alimentação animal são os fatores antinutricionais ou compostos bioativos específicos. Entretanto, alguns desses compostos são termolábeis e o desenvolvimento de variedades livres tem favorecido a introdução das tortas e farelos na dieta de ruminantes (Abdalla et al., 2008).

Para obter bom desempenho animal, além de conhecer a composição bromatológica de um alimento é necessário caracterizar seu comportamento no ambiente ruminal, para sincronizar a digestão ruminal de proteínas e carboidratos e,

com isso, maximizar o desempenho dos microrganismos ruminais, reduzir perdas nitrogenadas e emissão de metano e proporcionar a estimativa do escape ruminal de nutrientes (Sniffen et al., 1992). Assim, a realização de estudos de digestão com esses alimentos é necessária para viabilizar sua utilização na alimentação animal e possibilitar maior competitividade aos pequenos produtores. Uma forma de avaliação é a realização de ensaios de degradabilidade *in situ* para verificar o perfil de degradação dos nutrientes desses co-produtos e definir a melhor forma de utilização na alimentação de ruminantes.

Objetivou-se avaliar o uso de co-produtos da indústria do biodiesel (farelos de soja, de crambe, de girassol e de nabo forrageiro e da torta de crambe) como alimento alternativo na alimentação de bovino, pela degradabilidade *in situ*.

Material e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Escola Santa Rosa do Rochedo, na Unidade Jatobá, da Universidade Federal de Goiás, Campus Jataí - Goiás. As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Curso de Zootecnia da mesma instituição.

Os alimentos avaliados foram os farelos de soja, de crambe, de girassol e de nabo forrageiro e a torta de crambe, os quais foram moídos em moinho de facas tipo Willey com peneira de malha de 2 mm (ensaio de degradabilidade) e, posteriormente, em peneira de malha de 1 mm (análise dos alimentos).

Para o ensaio de degradabilidade *in situ* foram utilizados três bovinos adultos, fistulados no rúmen, da raça Nelore, mantidos em pasto de *Brachiaria decumbens* e suplementados com concentrado. Este último composto por fubá de milho, mistura mineral e farelo de soja (Tabela 1). Os animais foram previamente adaptados à dieta por 15 dias.

Tabela 1 Composição do concentrado (% matéria natural-MN)

Ingrediente	(%)
Milho	61,7
Soja grão	15,0
Farelo de soja	15,0
Fosfato bicalcico	1,1
Sal	4,0
Calcário	2,2
Ureia ¹	1,0

¹Constituído de 9 partes de uréia e 1 parte de sulfato de amônia.

A determinação da degradabilidade foi realizada segundo Merhrez & Orskov (1977), obedecendo recomendações de Nocek (1988). Os tempos avaliados foram 0, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72, 96 e 120 horas. Os sacos foram confeccionados em náilon com porosidade de 50 micrômetros (5x15 cm) e as amostras dos alimentos colocadas nos mesmos, respeitando a relação de 20 mg de MS/cm² de superfície em triplicata por animal e tempo de incubação.

Para o cálculo do material imediatamente solúvel (tempo zero), os sacos de náilon foram introduzidos no rúmen e retirados imediatamente. Para os demais tempo de incubação, os sacos foram colocados gradativamente em ordem reversa e retirados todos de única vez.

Após o término do tempo de incubação, os sacos de náilon contendo o material não degradado foram imediatamente colocados em balde contendo água gelada e lavados em água corrente, na sequência foram secos em estufa de ventilação forçada (60°C/72 horas) e em estufa não-ventilada (105°C/45 minutos), acondicionados em dessecador e pesados. Os sacos vazios também foram previamente lavados e pesados, como no procedimento anterior, para obter as taras.

Após a pesagem, obtiveram-se amostras compostas formadas pelas três repetições, que foram armazenadas e devidamente identificadas para posteriores análises. Nas amostras dos alimentos moídas a 1 mm foram analisadas os teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), de acordo com técnicas descritas por Association of Official Analytical Chemistry –

AOAC (1990) e fibra em detergente neutro (FDN), segundo recomendações de Van Soest et al. (1991). Nas amostras dos resíduos de incubação foram analisados a MS, PB, MO e FDN.

Para ajustamento dos dados na curva de degradação da MS, PB e da MO foi utilizada a equação proposta por Orskov & McDonald (1979):

$$\text{DEG} = a + b (1 - e^{-c*t}), \text{ em que:}$$

DEG = degradabilidade acumulada do componente nutricional, após um tempo t; a = intercepto da curva de degradabilidade quando t = 0, correspondendo à fração solúvel do componente nutritivo analisado; b = degradabilidade potencial da fração insolúvel do componente nutritivo, que é degradado a uma taxa; c = taxa de degradação por ação fermentativa da fração b; t = tempo de incubação (h); a soma de a + b, corresponde a degradabilidade potencial, a degradabilidade máxima alcançada se o alimento permanecer por tempo indeterminado no rúmen.

Já a degradabilidade da FDN foi estimadas utilizando-se o modelo de Mertens & Loftén (1980):

$$R_t = B * e^{-ct} + I.$$

Após os ajustes das equações para degradação da FDN, procedeu-se à padronização de frações segundo a proposição de Waldo et al. (1972), conforme as equações:

$$B_p = B/(B+I)*100; I_p = I/(B+I)*100, \text{ em que:}$$

B_p = fração potencialmente degradável padronizada (%); I_p = fração indegradável padronizada (%); e B, I= como definidas anteriormente.

A degradabilidade efetiva (DE) de cada alimento foi estimada de acordo com a equação abaixo (Orskov & McDonald, 1979):

$$\text{DE} = a + (b * c/c + k), \text{ em que:}$$

DE = degradabilidade ruminal efetiva do componente nutritivo analisado; a, b e c = como descritos anteriormente; k = taxa de passagem ruminal do alimento (%/h). Para o cálculo adotou-se as taxas de passagem de 2, 5 e 8% por hora, como sugerido pelo ARC (1984) e AFRC (1993).

Já para a DE da FDN utilizou-se o modelo (Waldo et al., 1972):

$$DE = Bp*c/(c+k), \text{ em que:}$$

Bp é a fração potencialmente degradável (%) padronizada; c e k = como definidas anteriormente.

O ajustamento dos dados ao modelo não-linear foram realizados pelo método iterativo de Gauss-Newton. A qualidade do ajustamento das equações não-lineares foi avaliada por intermédio do desvio-padrão assintótico (DPA) e do resíduo padronizado (RP). Todas as análises dos dados foram realizadas no programa SAS versão 9.0 (2002) a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os teores de matéria seca (MS) dos alimentos apresentaram valores aproximados (Tabela 2), variando de 89,89 a 94,84% MS. Esses teores condizem com os observados na literatura, variando de 90 a 94% (Beran et al., 2005; Goes et al., 2008; Mizubuti et al., 2011; Van Cleef et al., 2011). No entanto, Goes et al. (2010) encontraram teor de MS para a torta de crambe de apenas 69,43%.

Todos os alimentos apresentaram alto valor de proteína bruta (PB) variando de 30,36 a 49,26% com menor valor para o farelo de crambe e maior teor para o farelo de soja (Tabela 2). Embora o teor de proteína tenha sido menor para os co-produtos, estes apresentam valores superiores a 30%, constituindo alternativa para o fornecimento de proteína para os animais a menor custo, principalmente em regiões onde há disponibilidade desses insumos. O valor de PB encontrado para o farelo e para a torta de crambe foi menor aos 37,07% e maior aos 29,17%, respectivamente, observados por Mizubuti et al. (2011), enquanto Goes et al. (2010) relataram 52,80% de PB para a torta de crambe. Já os teores para o farelo de soja foram maiores aos 47,53% e 42,87% de PB relatado por Beran et al. (2005) e por Goes et al. (2008), respectivamente. O teor de PB

para o farelo de girassol foi semelhante ao 32,50% encontrado por Van Cleef et al. (2011) e superior aos 29,62% por Beran et al. (2005).

Tabela 2 Teor de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria orgânica (MO) e fibra em detergente neutro (FDN) do farelo de soja e de co-produtos do biodiesel

Nutriente	Farelo de Soja	Farelo de Crambe	Farelo de Girassol	Farelo de Nabo Forrageiro	Torta de Crambe
MS (%)	89,89	92,23	91,17	94,84	93,34
PB (%MS)	49,26	30,36	35,01	33,82	33,05
MO (%MS)	93,39	94,00	94,69	95,59	93,76
FDN (%MS)	27,81	50,84	52,95	40,47	38,24

Os teores de MO apresentaram valores próximos (Tabela 2), variando de 93,39 a 95,59%. Esses valores se assemelham aos observados na literatura variando de 93,19 a 95,86% (Beran et al., 2005; Fortaleza et al., 2009; Mizubuti et al., 2011 e Van Cleef et al., 2011). Entretanto, Goes et al. (2010) encontraram o teor de 65,13% de MO para a torta de crambe.

Os valores encontrados por Carvalho et al. (2006) e Carvalho et al. (2009) para o FDN do farelo de soja foram de 13,4% para ambos trabalhos, sendo estes valores inferiores ao encontrado neste trabalho (27,81% FDN). O valor do FDN da torta de crambe se assemelha aos 33,08%, resultado encontrado por Mizubuti et al. (2011). O farelo de crambe e para o farelo de girassol apresentaram valores próximos para o FDN. Mizubuti et al. (2011) encontraram o valor de 36,14% FDN para o farelo de crambe, valor este inferior aos 50,84% deste trabalho. Já Van Cleef et al. (2011) obtiveram valor (56,67%) semelhante ao deste trabalho (52,95%) para o FDN do farelo de girassol.

Essas variações na composição dos alimentos podem ser decorrentes da falta de padronização no processamento destes insumos, devido a variedade plantada, da época de colheita e do processamento do grão, incluindo temperatura e solvente de extração do óleo como citado por Beran et al. (2007).

Analisando a fração solúvel dos nutrientes, em ordem decrescente, a fração solúvel (a) da MS dos alimentos foi torta de crambe, farelo de girassol, farelo de soja, farelo de nabo forrageiro e farelo de crambe (Tabela 3). Enquanto que para a PB a ordem decrescente foi farelo de nabo forrageiro, torta de crambe, farelo de girassol, farelo de soja e farelo de crambe. A fração solúvel da MO foi semelhante para a torta de

crambe e o farelo de nabo forrageiro, sendo os maiores valores, seguidos do farelo de girassol, farelo de crambe e farelo de soja (Tabela 3). Porém os valores foram próximos variando de 30,83 a 34,56% para a MS e de 22,41 a 28,29% para a PB, ou seja, esses alimentos apresentam fração solúvel semelhante, já para a MO os alimentos apresentaram baixa solubilidade variando de 19,70 a 27,51%.

Tabela 3 Parâmetros da degradação ruminal da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da matéria orgânica (MO) do farelo de soja e de co-produtos do biodiesel

Item ¹	Farelo de Soja	Farelo de Crambe	Farelo de Girassol	Farelo de Nabo Forrageiro	Torta de Crambe
Matéria Seca					
a (%)	34,28±1,90	30,83±1,30	34,50±1,00	33,73±1,71	34,56±1,82
b (%)	64,69±2,04	35,34±1,58	38,86±1,12	40,35±1,83	43,27±1,94
c (%/h)	8,94±0,67	3,70±0,47	4,98±0,39	12,57±1,25	37,29±4,76
DP (%)	98,97	66,16	73,36	74,07	77,83
DE2 (%)	87,14	53,77	62,23	68,54	75,62
DE5 (%)	75,76	45,86	53,89	62,59	72,71
DE8 (%)	68,42	42,00	49,41	58,38	70,18
Proteína bruta					
a (%)	23,04±1,91	22,41±1,30	24,82±1,00	28,29±1,71	27,44±1,82
b (%)	64,69±2,04	35,33±1,58	38,86±1,12	40,35±1,83	43,27±1,94
c (%/h)	8,94±0,67	3,70±0,48	4,98±0,39	12,57±1,25	37,29±4,76
DP (%)	87,72	57,75	63,68	68,63	70,71
DE2 (%)	75,90	45,35	52,55	63,09	68,51
DE5 (%)	64,52	37,44	44,21	57,15	65,60
DE8 (%)	57,12	33,58	39,73	52,94	63,07
Matéria Orgânica					
a (%)	19,70±2,05	21,06±1,36	23,46±1,05	27,51±1,75	26,01±1,94
b (%)	67,58±2,19	34,60±1,65	39,23±1,18	41,20±1,87	44,21±2,05
c (%/h)	8,81±0,68	3,71±0,51	4,83±0,40	11,91±9,45	35,76±4,63
DP (%)	87,28	55,66	62,69	68,71	70,22
DE2 (%)	74,78	43,54	51,20	62,78	67,88
DE5 (%)	62,81	35,80	42,73	56,52	64,80
DE8 (%)	55,12	32,02	38,23	52,15	62,14

¹a = fração solúvel; b = degradabilidade potencial da fração insolúvel; c = taxa de degradação; DP = degradabilidade potencial; DE2, DE5, DE8 = degradabilidade efetiva considerando a taxa de passagem de 2, 5 e 8 %/h, respectivamente.

Comparando esses resultados com outros experimentos, a fração solúvel de MS para o farelo de soja (34,28%) foi próxima ao encontrado em estudos variando de 31,72 a 35,4% (Sousa et al., 2002; Goes et al., 2004; Fortaleza et al., 2009), superior aos

22,5% encontrado por Carvalho et al. (2009) e inferior aos 46,60% observados por Beran et al. (2005). Para a fração solúvel da PB do farelo de soja, foi inferior aos 35,4% encontrados por Sousa et al. (2002) e aos 41,83% encontrados por Beran et al. (2005). O farelo de soja obteve valor de 19,70% para a fração A da MO sendo este valor inferior ao 43,54% e 33,32% encontrados por Beran et al. (2005) e Fortaleza et al. (2009) respectivamente. O farelo de girassol também obteve valor (23,46%) inferior quando comparado aos 41,83% encontrados por Beran et al. (2005).

Goes et al. (2010) encontraram valor para a fração a da MS da torta de crambe de 20,12% e para a PB o valor foi de 19,38% sendo ambos valores inferiores ao encontrado neste trabalho que foram de 34,56 e 27,44% para MS e PB, respectivamente. Já para o farelo de girassol apresentou 34,50% MS e 24,82% PB para a fração a, enquanto Beran et al. (2005) encontraram valores superiores (43,68% MS e 73,25% PB).

Mesmo apresentando fração solúvel próximos, os co-produtos apresentaram alta concentração de MS e de nitrogênio insolúvel e indegradável, resultando valores da fração “b” inferiores em relação aos obtidos para o farelo de soja (Tabela 3). Tanto para MS quanto para PB e MO, os valores seguiram a ordem decrescente com maior valor para o farelo de soja, seguido pela torta de crambe, farelo de nabo forrageiro, farelo de girassol e farelo de crambe, sendo que farelo de soja foi aproximadamente 33% maior que o segundo maior (torta de crambe) e 45% maior que o menor valor (farelo de crambe). A menor degradabilidade para o farelo de crambe pode ser devido ao elevado teor de casca presente neste alimento, resultando em maior teor de lignina. Outro fator seria a utilização de diferentes solventes no processo de extração do óleo que podem estar associados a valores mais elevados de solubilidade e, conseqüentemente, reduzir o valor da fração potencialmente degradável “b” (Goes et al., 2011).

O valor da fração potencialmente degradável (b) da MS do farelo de soja (64,69%) foi próxima ao encontrado por alguns pesquisadores (Sousa et al., 2002; Goes et al., 2004) e inferior aos 73,3% encontrado por Carvalho et al. (2009). Para a PB (64,69%) foi semelhante aos 61,9% encontrado por Sousa et al. (2002) e inferior aos 71,22% encontrado por Beran et al. (2005).

Goes et al. (2010) obtiveram 22,96% para a fração “b” da PB da torta de crambe, valor este inferior ao encontrado neste trabalho (43,27%). Para a fração b da MS o

resultado foi inverso, sendo o valor encontrado pelo autor (53,99%) superior ao encontrado.

Para o farelo de girassol os valores da fração b para MS e PB foi 38,86% para ambos sendo este valor superior aos encontrados por Beran et al. (2005) de 22,42% para MS e 22,56 para PB.

Beran et al. (2005) e Fortaleza et al. (2009) encontraram para a fração b da MO valores de 54,73 e 61,56% respectivamente para o farelo de soja sendo estes valores menores que os 67,58% encontrados neste trabalho. O farelo de girassol teve resultado de 39,23% para a fração b da MO, comparando Beran et al. (2005) obteve o valor de 22,69% sendo este inferior.

Como na fração potencialmente degradável b, houve variação nos valores com igual comportamento para a MS, PB e MO na taxa de degradação (c), contudo a maior fração observada foi para a torta de crambe em relação aos outros alimentos, sendo superior ao farelo de soja em cerca de 76% para a MS e a PB (Tabela 2). Depois do crambe o maior valor foi observado pelo farelo de nabo forrageiro, seguido pelo farelo de soja e depois, com valores próximos, o farelo de girassol e de crambe. A baixa taxa de degradação da fração potencialmente degradável (c) do farelo de girassol e do crambe pode ser decorrente dos elevados teores de fibras presentes nesses alimentos, sendo que essas taxas para a PB sugerem que mais proteína bruta escaparia da degradação ruminal. Por outro lado, o elevado valor para a torta de crambe sugere que sua utilização deve ser concomitante ao fornecimento de carboidratos de rápida fermentação, como fubá de milho, farelo de trigo, entre outros. Essa prática pode contribuir para minimizar as possíveis perdas de compostos nitrogenados do rúmen, devido a falta de sincronização entre a disponibilidade de compostos nitrogenados e energia, quando os alimentos volumosos são a única fonte de energia no rúmen (Russell et al., 1992).

Comparando os valores da taxa de degradação com a literatura, a taxa (8,94%/h) da MS do farelo de soja foi superior aos 6,6% encontrado por Goes et al. (2004) e aos 4,5%/h por Carvalho et al. (2009). Já Sousa et al. (2002) encontraram valor próximo para a MS (8,2%/h) e inferior para a PB (5,6%/h).

Goes et al. (2010) encontraram o valor de 14,37%/h para a taxa de passagem da MS da torta de crambe valor este inferior ao encontrado neste trabalho de 37,29%/h

para MS e PB, sendo que os mesmos autores também encontraram valor inferior para PB de 13,61%/h.

O farelo de girassol apresentou taxa de passagem para MS e PB de 4,98%/h, sendo este valor inferior ao encontrado por Beran et al. (2005) para MS que foi de 33,91%/h e semelhante para a PB (4,17%/h).

Beran et al. (2005) encontrou valores de 1,39 e 35,28%/h para a taxa de passagem da MO do farelo de soja e farelo de girassol respectivamente, no trabalho o valor para farelo de soja de 8,81%/h foi superior ao encontrado pelo autor já o farelo de girassol com 4,83%/h foi inferior quando comparado com o mesmo autor.

Considerando a degradabilidade potencial (DP) da MS, PB e da MO dos alimentos, o maior valor foi para o farelo de soja, seguido pela torta de crambe, farelo de nabo forrageiro, farelo de girassol e farelo de crambe (Tabela 3). Como o potencial de aproveitamento da PB correlaciona-se negativamente com o teor de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) do alimento, possivelmente há maior teor de NIDA nos co-produtos em relação ao farelo de soja e contribuíram para reduzir a degradação ruminal, fazendo com que apresentasse menores taxas de aproveitamento da PB. As diferenças para a PB também podem ser explicadas por diferenças das características da própria proteína e da acessibilidade às enzimas digestivas (Carvalho et al., 2006).

Embora a degradabilidade potencial (DP) da MS, PB e da MO dos co-produtos tenha sido inferiores ao do farelo de soja, por apresentarem valores superiores a 60%, excetuando para a PB e MO do farelo de crambe com valor próximo (57,75% e 55,56%) respectivamente, e por serem de baixo custo, todos podem ser considerados como alimentos alternativos na nutrição animal, por oferecerem rápida e abundante disponibilidade de nutrientes para o sistema ruminal. Com esses alimentos pode-se sugerir, por exemplo, aporte energético no ambiente ruminal devido a degradabilidade potencial da MS ter sido superior a 60%.

A DP do farelo de soja para MS e PB foi superior aos encontrados por Sousa et al. (2002) que encontraram 90,9% e 90,3%, respectivamente. Beran et al. (2005) encontraram valor de 66,09% para a DP da MS do farelo de girassol, sendo este inferior ao encontrado neste trabalho que foi de 73,36%, entretanto, para a PB os autores verificaram 95,84%, valor superior aos 63,68% observado neste experimento.

Beran et al., 2005 encontraram para o farelo de soja a DP de 98,61% que foi superior aos 87,28% encontrados neste trabalho, Fortaleza et al., 2009 também encontraram valores superiores para o farelo de soja (94,58%).

A degradabilidade efetiva (DE) da MS, PB e MO, considerando a taxa de passagem de 2%/h e de 5%/h apenas para MS, seguiu o mesmo comportamento para a DP com maior valor para o farelo de soja, porém, com taxas de passagem de 5%/h (PB e MO) e de 8%/h (MS, PB e MO) a torta de crambe apresentou valor superior ao do farelo de soja, ou seja, para bovinos e ovinos alimentados ao nível de manutenção (2%/h) o farelo de soja pode resultar em melhor desempenho animal, enquanto para vacas com baixa produção, menor que 15 kg de leite por dia, bovinos de corte e ovinos alimentados à vontade com dietas mistas (5%/h) ou em vacas de alta produção, maior que 15 kg de leite por dia e alimentadas com dietas mistas, seria preferível a torta de crambe, desde que associados a volumosos com maior valor nutricional.

As degradabilidades efetivas encontradas para o farelo de soja, para as taxas de passagem 2, 5, 8%/h foram 87,14; 75,76 e 68,42; superiores aos encontrados por Goes et al. (2004) e Carvalho et al. (2009) que foram de 76,0; 59,6 e 51,0%/h; e 73,25; 57,22 e 48,88 %/h, respectivamente, e inferiores aos encontrados por Beran et al. (2005) de 89,75; 85,28 e 80,0%/h.

Goes et al. (2010) verificaram para torta de crambe, valores inferiores para as taxas de passagem 2, 5, 8%/h da MS (67,60; 60,43 e 55,11%/h) e PB (38,56; 35,50 e 33,28%/h) quando comparados aos valores obtidos neste trabalho para MS (75,62; 72,71 e 70,18%/h) e PB (68,51; 65,60 e 63,07%/h). Para o farelo de girassol foi obtido para a DE (5 e 8%/h) da MS 53,89 e 49,41%/h, sendo que para a PB os valores foram 44,21 e 39,73%/h, esses resultados quando comparado com os observados por Beran et al. (2005) são superiores para ambas frações do alimento (60,38 e 58,18%/h para MS e 89,83 e 87,57%/h para PB).

Beran et al. (2005) encontraram valores para a DE da MO 5 e 8%/h de 85,28 e 80,00 para o farelo de soja valores superiores aos encontrados no trabalho (62,81 e 55,12) já Fortaleza et al. (2009) obtiveram valores inferiores para as respectivas DE (55,63 e 51,13).

Observa-se que a fração potencialmente degradável de FDN (Tabela 4), ou seja, a degradabilidade potencial, o farelo de soja foi superior (82,90%) aos demais alimentos

analisados, sendo que o farelo de nabo forrageiro e a torta de crambe apresentaram valores semelhantes (52,30 e 49,56%) e superiores aos resultados de farelo de girassol e farelo de crambe que se assemelham entre si (38,92 e 32,69%), o que resultou em comportamento inverso para a fração indegradável (Ip), com menor valor para o farelo de soja (17,10%). Esse comportamento pode ser explicado pelo maior teor de carboidratos solúveis que o farelo de soja apresenta.

Tabela 4 Parâmetros da degradação da fibra em detergente neutro (FDN) do farelo de soja e de co-produtos do biodiesel

Item ¹	Farelo de Soja	Farelo de Crambe	Farelo de Girassol	Farelo de Nabo Forrageiro	Torta de Crambe
B _p (%)	82,90±2,37e	32,69±2,23	38,92±1,59	52,30±2,31	49,56±1,98
I _p (%)	17,10±1,18a	67,31±1,84	61,08±1,65	47,70±1,13	50,44±0,73
c (%/h)	8,74±0,82c	3,80±0,84	3,66±0,53	9,06±1,34	28,91±4,65
DE2 (%)	67,46	21,42	25,17	42,84	46,36
DE5 (%)	52,73	14,12	16,45	33,70	42,25
DE8 (%)	43,28	10,53	12,22	27,77	38,82

¹ B_p = fração potencialmente degradável padronizada; I_p = fração indegradável padronizada; c = taxa de degradação; DE2, DE5, DE8 = degradabilidade efetiva considerando a taxa de passagem de 2, 5 e 8 %/h, respectivamente. ² Médias seguidas, na mesma linha, por letras iguais não diferem entre si (P>0,05).

Sousa et al. (2002) encontraram degradabilidade potencial do FDN do farelo de soja de 47,6%; valor este inferior aos 82,90% encontrados neste trabalho, já Fortaleza et al. (2009) encontraram valor semelhante de 83,89%.

Analisando os valores para as DE do FDN, embora para a DE da MO o farelo de soja tenha apresentado menor valor com a taxa de 5 e 8%/h, observa-se a sua superioridade (67,46; 52,73 e 43,28%) quando comparado aos outros alimentos, sendo o que mais se aproximou destes valores foi a torta de crambe (46,36; 42,25 e 38,82%). Assumindo-se que o tempo médio de retenção do alimento no rúmen é 48 horas, quanto maior for a degradação até este tempo, melhor é a qualidade fermentativa do alimento (Mizubuti et al., 2011).

Fortaleza et al. (2009) encontraram as DE (3,5 e 8%/h) 69,15; 57,90 e 53,02 para o FDN do farelo de soja, enquanto que neste trabalho os valores obtidos foram 67,46; 52,73 e 43,28, sendo estes valores semelhantes para todas as DE.

Analisando de forma geral, a torta de crambe e o farelo de nabo forrageiro possuem características de degradação semelhantes ao farelo de soja, sendo ambos

potencialmente substitutos do farelo de soja na alimentação de bovinos. Suas características de degradação foram satisfatórias para esta utilização. Por outro lado, pelo elevado valor para a torta de crambe pode-se deduzir que sua utilização deve ser concomitante ao fornecimento de carboidratos de rápida fermentação, como fubá de milho, farelo de trigo, entre outros. Essa prática pode contribuir para minimizar as possíveis perdas de compostos nitrogenados do rúmen, devido a falta de sincronização entre a disponibilidade de compostos nitrogenados e energia, quando os alimentos volumosos são a única fonte de energia no rúmen (Russell et al., 1992).

Embora o farelo de girassol e o farelo de crambe apresentem os menores valores no trabalho, podem ser considerados como boas alternativas para a suplementação de bovinos em pequenas propriedades, pois suas degradabilidades potenciais ficaram acima de 55%, sendo considerados alimentos recomendados para este fim. Afinal são co-produtos e os valores para aquisição ainda se encontra abaixo do tradicional farelo de soja.

Conclusões

Os co-produtos do biodiesel (torta de crambe, farelo de nabo forrageiro, farelo de girassol e farelo de crambe) apresentam potencial para substituir o farelo de soja na suplementação de bovinos. Porém, estudos avaliando o desempenho animal devem ser realizados para melhor avaliação quanto ao seu fornecimento a bovinos.

Referências

ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R. et al. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.260-258, 2008.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. v.1, 15.ed., Virginia: Arlington. 1990. 1117p.

BERAN, F.H.B.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Avaliação da digestibilidade de nutrientes, em bovinos, de alguns alimentos concentrados pela técnica dos três estágios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.130-137, 2007.

- BERAN, F.H.B.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Degradabilidade ruminal “in situ” da matéria seca, matéria orgânica e da proteína bruta de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Semina Ciência Agrária**, v.26, n.3, p.405-417, 2005.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; GARCIA, R. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de concentrados e subprodutos agroindustriais. **Ciência Animal Brasileira**, v.10, n.3, p.689-697, 2009.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; VELOSO, C.M. et al. Degradabilidade ruminal de concentrados e subprodutos agroindustriais. **Archivos de Zootecnia**, v.55, n.212, p.397-400, 2006.
- FORTALEZA, A.P.S.; SILVA, L.D.F.; RIBEIRO, E.L.A. et al. Degradabilidade ruminal in situ dos componentes nutritivos de alguns suplementos concentrados usados na alimentação de bovinos. **Ciências Agrárias**, v.30, n.2, p.481-496, 2009.
- GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta, de alimentos concentrados utilizados como suplementos para novilhos. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.1, p.167-173, 2004.
- GOES, R.H.T.B.; SOUZA, K.A.; NOGUEIRA, K.A.G. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta, e tempo de colonização microbiana de oleaginosas, utilizadas na alimentação de ovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.33, n.4, p.373-378, 2011.
- GOES, R.H.T.B.; SOUZA, K.A.; PATUSSI, R.A. et al. Degradabilidade in situ dos grãos de crumbe, girassol e soja, e de seus coprodutos em ovinos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.32, n.3, p.271-277, 2010.
- GOES, R.H.T.B.; TRAMONTINI, R.C.; ALMEIDA, G.D. et al. Degradabilidade ruminal da matéria seca e proteína bruta de diferentes subprodutos agroindustriais utilizados na alimentação de bovinos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v.9, n.3, p.715-725, 2008.
- MERHREZ, A.Z.; ORSKOV, E.R. A study of the artificial fibre bag technique for determination the digestibility of feeds in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.88, n.1, p.645, 1977.
- MERTENS, D.R ; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.
- MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.A.; PEREIRA, E.S. et al. Cinética de fermentação ruminal in vitro de alguns co-produtos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. **Ciências Agrárias**, v.32, p.2021-2028, 2011.
- NOCEK, J.E. In situ and other methods to estimate ruminal protein and energy digestibility, A review. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.8, p.2051-2069, 1988.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, T. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v.92, n.2, p.499-503, 1979.

PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D. 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.

RIBEIRO, G.M.; SAMPAIO, A.A.M.; FERNANDES, A.R.M. et al. Efeito da fonte protéica e do processamento físico do concentrado sobre a terminação de bovinos jovens confinados e o impacto ambiental dos dejetos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.2082-2091, 2007.

RUSSELL, B.J.; O'CONNOR, J.D.; FOX, D.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3551-3581, 1992.

SAS. **SAS/STAT User's Guide (Release 9.0)**. Cary: SAS Inst., 2002.

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

SOUSA, M.S.; EZEQUIEL, J.M.B.; ROSSI JÚNIOR, P. et al. Efeitos de fontes nitrogenadas com distintas degradabilidades sobre o aproveitamento da fibra, do nitrogênio e do amido em rações para bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.5, p.2139-2148, 2002.

VAN CLEEF, E.H.C.B.; EZEQUIEL, J.M.B.; FONTES, N.A. et al. Consumo e digestibilidade de dietas contendo fontes energéticas associadas ao farelo de girassol ou ureia em novilhos confinados. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.33, n.2, p.163-168, 2011.

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

WALDO, D.R.; SMITH, L.W.; COX, E.L. Model of cellulose disappearance from the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.55, p.125-129, 1972.