

RICARDO ANDRÉS BOTERO CARRERA

**CARACTERIZAÇÃO DE CO-PRODUTOS E SUBPRODUTOS PROTÉICOS DA
INDÚSTRIA DO BODIESEL PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2010

RICARDO ANDRÉS BOTERO CARRERA

**CARACTERIZAÇÃO DE CO-PRODUTOS E SUBPRODUTOS PROTÉICOS DA
INDÚSTRIA DO BODIESEL PARA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES**

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

APROVADA: 25 de maio de 2010

Prof. Edenio Detmann
Co-orientador

Prof. Rogério de Paula Lana
Co-orientador

Prof^a. Maria Ignez Leão

Prof. César Reis

Prof^a. Cristina Mattos Veloso
Orientadora

À minha sobrinha e afilhada, Gabriela, pelo amor e incentivo que chegou à nossa família com seu nascimento.

Aos meus queridos pais, Ricardo e Bibiana, pelo apoio, conselhos e amor incondicional.

Ao meu pai, pela luta, perseverança e ensino para lograr uma melhor pecuária.

Aos meus irmãos, Maria Bibiana e Juan Pablo, pela amizade, confiança, apoio, conselhos e carinho.

À Ana Maria, pelo amor e apoio, e por crer em mim.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades e os caminhos que me deu na vida.

À minha família, pais, irmãos, cunhado, avós, tios, primos, pelo apoio nesta etapa.

À Ana Maria, pelo apoio e preocupação.

Ao DZO, pela oportunidade que me deu para fazer o mestrado.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

À Profa. Cristina Mattos Veloso, pela orientação, ensinamentos, confiança, apoio e amizade.

Ao Prof. Edenio Detmann, pela paciência, disposição, ensinamentos e contribuição, enriquecendo esse trabalho.

À Profa. Maria Ignez Leão, pela amizade e conselhos.

Aos Profs. Rogério Lana e César Reis, pela contribuição nesse trabalho.

Ao Leo e Alcy, pela grande amizade, os conselhos, a ajuda enorme no experimento e a agradável convivência.

A todos meus amigos, pela inesquecível amizade e os ensinamentos de português. Nomeá-los seria impossível.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da UFV, pela disposição com que sempre me ajudaram.

À Celeste e Fernanda, pela disposição quando precisei de ajuda.

A todos os que, de alguma forma, contribuíram para a realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

RICARDO ANDRÉS BOTERO CARRERA, filho de Ricardo Botero Maya e Bibiana Carrera Posada, nasceu em Cartagena, Colômbia, em abril 10 de 1984.

Em dezembro de 2005, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Escuela Agrícola Panamericana- Zamorano, em Tegucigalpa, Honduras.

Em 2009, iniciou o Curso de Mestrado em Zootecnia, na Universidade Federal de Viçosa, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes, submetendo-se à defesa de Dissertação em 25 de maio de 2010, foi bolsista pelo CNPq a partir de 2010.

SUMÁRIO

RESUMO.....	iv
ABSTRACT	vi
INTRODUÇÃO.....	1
MATERIAL E MÉTODOS.....	3
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	8
CONCLUSÕES.....	26
LITERATURA CITADA.....	26

RESUMO

BOTERO CARRERA, Ricardo Andrés, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2010. **Caracterização de co-produtos e subprodutos protéicos da indústria do biodiesel para alimentação de ruminantes.** Orientadora: Cristina Mattos Veloso. Co-orientadores: Edenio Detmann e Rogério de Paula Lana.

Pretendeu-se, a partir deste estudo, classificar e discriminar os materiais avaliados no tocante à sua composição química e com respeito à digestibilidade *in vitro*. Os estudos residiram sobre composição química, perfil químico da proteína bruta (PB) e características digestivas de 20 co-produtos e subprodutos protéicos da indústria do biodiesel com potencial de utilização na alimentação de ruminantes, quais foram: farelo e torta de algodão, duas tortas de amendoim, torta de babaçu, farelo de canudo-de-pito, farelo e torta de crambe, torta de dendê, farelo e torta de girassol, torta de licuri, torta das sementes de macaúba, farelo destoxificado com cal e farelo não-destoxificado de mamona, torta de mamona não-destoxificada, torta de nabo forrageiro, duas tortas de pinhão manso e farelo de soja. Para a composição química, as amostras foram quantificadas quanto aos teores de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp), carboidratos não fibrosos (CNF), fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína (FDAcp), lignina, cutina e amido. Para determinar o perfil químico da PB, foi feito o fracionamento (frações A, B1, B2, B3 e C) da mesma de acordo com o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Quanto às características biológicas dos alimentos, foram avaliadas a digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), a digestibilidade *in vitro* da fibra em detergente neutro (DIVFDN), a proteína degradada no rúmen (PDR), a proteína não degradada no rúmen (PNDR), a digestibilidade intestinal (DI) pelo método dos três estádios, a fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) e a proteína indegradável insolúvel em detergente neutro (PIIDN). A divergência do valor nutricional, baseada em variáveis discriminatórias entre os grupos, foi estimada por meio de análise de agrupamento, utilizando-se a distância euclidiana média com variáveis padronizadas e o método de variância mínima. Os teores de MO, PB, EE, FDNcp, CNF, FDAcp, lignina, cutina e amido variaram de 81,95 a 95,41%, 18,92 a 57,75%, 0,56 a 18,40%, 10,13 a 62,30%, 3,89 a 27,88%, 6,15 a

36,86%, 1,19 a 5,04%, 0 a 17,87% e 0,68 a 14,50%, respectivamente. Os valores das frações A, B1, B2, B3 e C, variaram de 5,40 a 43,31%, 0,08 a 37,63%, 16,75 a 79,39%, 1,86 a 59,15% e 0,60 a 11,47%, respectivamente. Os teores de DIVMS, DIVFDN, PDR, PNDR, DI, PNDR_D, FDNi e PIIDN, variaram de 31,00 a 95,92%, 55,04 a 97,74%, 41,06 a 97,61%, 2,39 a 58,94, 9,27 a 94,26%, 0,33 a 53,32%, 1,05 a 40,80% e 0,29 a 2,92%, respectivamente. As tortas de babaçu, dendê, girassol, licuri e das sementes de macaúba apresentaram teor de PNDR_D superior ao do farelo de soja. Alguns co-produtos e subprodutos podem ser utilizados para substituir o farelo de soja, considerando que apresentaram valores de características biológicas similares aos deste.

ABSTRACT

BOTERO CARRERA, Ricardo Andrés, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2010. **Protein co-products and byproducts of the biodiesel industry for ruminants feeding.** Adviser: Cristina Mattos Veloso. Co-Advisers: Edenio Detmann and Rogério de Paula Lana.

It was intended, from this study, to classify and discriminate materials evaluated in terms of its chemical composition and with respect to *in vitro* digestibility. Studies resided on the chemical composition, chemical profile of crude protein (CP) and digestive characteristics of 20 protein co-products and byproducts of the biodiesel industry with potential use in ruminant feeding. Were used: cottonseed meal and cake, two peanut cakes, babassu cake, canudo-de-pito meal, crambe meal and cake, palm oil cake, sunflower meal and cake, licuri cake, macaúba seeds cake, detoxified with calcium and non-detoxified castor-oil seeds meal, non-detoxified castor-oil seeds cake, turnip cake, two jatropha cakes and soybean meal. For the chemical composition, the samples were quantified to determine the dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), ether extract (EE), neutral detergent fiber corrected for ash and protein (NDFap), non-fiber carbohydrates (NFC), acid detergent fiber corrected for ash and protein (ADFap), lignin, cutin and starch levels. To determine the chemical profile of CP was made the protein fractionation (fractions A, B1, B2, B3 and C) according to the Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). For the biological characteristics the dry matter *in vitro* digestibility (DMIVD), neutral detergent fiber *in vitro* digestibility (NDFIVD), rumen degraded protein (RDP), rumen undegraded protein (RUP), intestinal digestibility (ID) by the method of three stages, digestible rumen undegraded protein (_DRUP), indigestible neutral detergent fiber (iNDF) and neutral detergent insoluble undegradable protein (NDIUP) were evaluated. The divergence of nutritional value, based on discriminatory variables between groups was estimated by cluster analysis using Euclidean distance with average standardized variables and the method of minimum variance. The content of OM, CP, EE, NDFap, NFC, ADFap, lignin, cutin and starch varied from 81.95 to 95.41%, 18.92 to 57.75%, 0.56 to 18.40%, 10.13 to 62.30%, 3.89 to 27.88%, 6.15 to 36.86%, 1.19 to 5.04%, 0 to

17.87% and 0.68 to 14.50%, respectively. The values of fractions A, B1, B2, B3 and C, ranged from 5.40 to 43.31%, 0.08 to 37.63%, 16.75 to 79.39%, 1.86 to 59.15 % and 0.60 to 11.47%, respectively. Concentrations of DMIVD, NDFIVD, RDP, RUP, ID, _DRUP, iNDF NDIUP ranged from 31.00 to 95.92%, 55.04 to 97.74%, 41.06 to 97.61%, 2.39 to 58.94, 9.27 to 94.26%, 0.33 to 53.32%, 1.05 to 40.80% and 0.29 to 2.92%, respectively. The babassu, palm oil, sunflower, licuri and macaúba seeds presented _DRUP content higher than soybean meal. Some co-products and byproducts can be used to replace soybean meal, considering that the values of the biological characteristics were similar to this.

INTRODUÇÃO

A demanda mundial total de energia primária aproxima-se de 11,4 bilhões de toneladas de equivalentes petróleo por ano (IEA, 2006). O aumento da demanda por combustíveis, associada à crescente preocupação com o meio ambiente, tem fomentado a busca por fontes alternativas de energia no Brasil e no mundo (Suarez et al., 2009). Entre estas, destacam-se os biocombustíveis líquidos, os quais atualmente representam 1,9% da bioenergia total produzida, sendo que, para o setor de transporte, no ano de 2005, os biocombustíveis líquidos supriram 0,9% do consumo total de combustível (FAO, 2008).

Porém, nos últimos anos, a demanda por biocombustíveis líquidos, entre os quais se destacam o etanol e o biodiesel, tem mostrado rápido crescimento. O biodiesel é o produto da combinação de óleo vegetal ou gordura animal com um álcool e um catalisador, por intermédio do processo químico conhecido como transesterificação.

O fomento à produção de biodiesel constitui meta governamental no Brasil, para redução da dependência externa de fontes não-renováveis de combustíveis. Por outro lado, a utilização de fontes renováveis, além de ser apreciada sob o ponto de vista ambiental, apresenta papel fundamental no estabelecimento de programas de agricultura familiar.

A partir da promulgação da lei 11097/2005, estabeleceu-se em 5% o percentual volumétrico mínimo obrigatório de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado ao consumidor final, em todo o território nacional; havendo carência de oito anos para implementação.

Com o crescimento da demanda por biocombustíveis, a IEA (2006) prevê que as terras para produção de biocombustíveis e de produtos derivados sejam triplicadas ou quadruplicadas. No entanto, o aumento da demanda por óleos para produção de biocombustíveis dificilmente poderá ser atendido pela soja ou outros cereais, como milho ou canola (Suarez et al., 2009).

O clima brasileiro é adequado ao cultivo de oleaginosas para produção de biocombustíveis, sendo o solo adequado na maior parte do Brasil (Quintella et al., 2009). Devido à gama de espécies vegetais destinadas à produção de biodiesel, produz-se número elevado de subprodutos e co-produtos, os quais, sem a devida destinação, podem vir a 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, pode ser estimada em 3,7 milhões de toneladas; considerando as mesmas proporções, o Brasil poderá produzir cerca de 8,9 milhões de toneladas de torta em 2013 (Abdalla et al., 2008). A composição varia em função da espécie, do cultivar da oleaginosa e do tipo de extração, sendo que as tortas são obtidas após extração mecânica e os farelos são obtidos após a extração com solvente.

Vários destes materiais podem, contudo, ser utilizados como alimentos protéicos para ruminantes, os quais são capazes de converter material não utilizável pelo homem em produtos de origem animal de alto valor biológico, devido à ação fermentativa microbiana em seu trato gastrintestinal. A utilização destes produtos pode, ainda, reduzir o custo de alimentação animal.

Neste contexto, definiu-se como objetivo, nesta dissertação, avaliar características químicas e de digestão de vinte co-produtos e subprodutos protéicos da

indústria do biodiesel com potencial para utilização na alimentação de ruminantes.

MATERIAL E MÉTODOS

Local e co-produtos e subprodutos utilizados

O experimento foi conduzido nas dependências do Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Foram avaliadas 20 amostras de tortas e farelos, correspondentes a co-produtos e subprodutos protéicos, oriundos da indústria do biodiesel de diferentes partes do país, com potencial de utilização na alimentação de ruminantes. Foram eles: farelo e torta de algodão (*Gossypium spp.* L.); duas tortas de amendoim (*Arachis hypogaea*); torta de babaçu (*Orbignya speciosa*); farelo de canudo-de-pito (*Mabea fistulifera* Mart); farelo e torta de crambe (*Crambe abyssinica*); torta de dendê (*Elaeis guineensis*); farelo e torta de girassol (*Helianthus annuus*); torta de licuri (*Syagrus coronata*); torta das sementes de macaúba (*Acrocomia aculeata*); farelo destoxificado com cal e farelo não-destoxificado de mamona (*Ricinus communis*); torta de mamona não-destoxificada; torta de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*); duas tortas de pinhão manso (*Jatropha curcas*); e farelo de soja (*Glycine max*).

A amostra de farelo de soja foi utilizada como referência para avaliação dos demais materiais.

Todas as amostras foram processadas em moinho de facas (1 e 2 mm) e armazenadas em frascos de polietileno.

Avaliação da composição química

Foram quantificados os teores de matéria seca (MS), cinzas, proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (método do permanganato de potássio) e cutina, seguindo os métodos descritos por Silva & Queiroz (2002). Para quantificar-se os teores de FDN corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) e de FDA corrigida para cinzas e proteína (FDAcp), foram avaliadas as concentrações de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), cinzas insolúveis em detergente neutro (CIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e cinzas insolúveis em detergente ácido (CIDA), seguindo-se os métodos descritos por Silva & Queiroz (2002).

Para avaliação do teor de extrato etéreo (EE), os co-produtos e subprodutos foram acondicionados em sacos de XT4 (Ankom[®]) e submetidos à extração pelo método oficial de alta temperatura da AOCS (2009), utilizando-se extrator XT15 (Ankom[®]).

Para calcular os carboidratos não fibrosos (CNF), utilizou-se a fórmula (Detmann & Valadares Filho, 2010): $CNF = MO - (PB + EE + FDNcp)$.

Para quantificação do teor de amido do material, as amostras foram enviadas ao Laboratório de Nutrição Animal da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais, em Belo Horizonte, MG. A quantificação do amido pela técnica enzimática foi feita pelo método amiloglicosidase – α -amilase modificado (McCleary et al., 1997).

Avaliação das características digestivas

Foram utilizadas amostras moídas a 1 mm para avaliação da digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) e digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN). Para incubação ruminal e quantificação da proteína degradada no rúmen (PDR), proteína não degradada no rúmen (PNDR), digestibilidade intestinal da proteína, FDN indigestível (FDNi) e proteína indegradável insolúvel em detergente neutro (PIIDN), foram utilizadas amostras processadas a 2 mm.

A DIVMS foi avaliada seguindo a metodologia proposta por Tilley & Terry (1963), em dois estádios de fermentação, por 48 horas de incubação. Após a obtenção do resíduo da DIVMS, avaliou-se o resíduo de FDN para quantificação da DIVFDN. Para inoculação, foi utilizado líquido ruminal retirado de um bovino macho não-castrado, fistulado no rúmen, alimentado em pasto e suplementado com 2 kg/dia de concentrado (20% PB).

A digestibilidade intestinal pelo método dos três estádios foi conduzida seguindo o método descrito por Calsamiglia e Stern (1995). Foram incubadas em um bovino macho não castrado, alimentado em pasto e suplementado com 2 kg/dia de concentrado, amostras em sacos de náilon por 16 horas, guardando proporção de 20-25 mg de amostra/cm². Após a incubação ruminal, os sacos foram lavados com água corrente até o total clareamento da mesma e colocados em estufa de ventilação forçada, a 60°C, por 48 horas.

Posteriormente, quantificou-se o nitrogênio (N) no resíduo (Silva & Queiroz, 2002). Alíquotas contendo aproximadamente 15 mg de N foram colocadas em tubos de centrífuga com 50 mL. Em seguida, os tubos foram incubados com 10 mL de

solução 0,1 N de HCl, contendo 1 g/L de pepsina (pH=1,9), e colocados sob agitação à velocidade de 40 rpm, durante 1 hora, a 38°C. Decorrido esse tempo, foram adicionados 0,5 mL de solução 1 N de NaOH, para neutralização da acidez, e 13,5 mL de solução de pancreatina, a qual continha: 0,5 M de solução de KH_2PO_4 (pH=7,8), 50 ppm de thymol, para prevenir o crescimento microbiano, e 3 g/L de pancreatina. Foram mantidos sob agitação durante mais 24 horas, a 38°C, à velocidade de 40 rpm. Ao final da digestão, foram adicionados 3 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) 100% (peso/volume), para parar a atividade enzimática e precipitar as proteínas não digeridas. As amostras foram centrifugadas por 15 min a 10.000 x g e o sobrenadante dos tubos foi utilizado para avaliação do N residual pelo método Kjeldahl (Silva & Queiroz, 2002). A digestibilidade intestinal da PNDR foi calculada como a razão entre a quantidade de PB digerida após a incubação com pepsina e a quantidade de proteína incubada.

A proporção de PDR e PNDR na PB foi estimada mediante a relação entre a quantidade de PB incubada no rúmen e a proteína não degradada no rúmen após 16 horas de incubação ruminal. A PNDR digestível (PNDR_D) foi calculada multiplicando a PNDR pela digestibilidade intestinal (DI) da proteína, determinada pelo método dos três estádios.

A estimação da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi) foi feita por procedimento de incubação *in situ* por 240 horas, em um bovino macho não-castrado, fistulado no rúmen, alimentado em pasto e suplementado com 2 kg/dia de concentrado, seguindo os procedimentos descritos por Casali et al. (2008) e utilizando, como recipiente para as incubações, sacos de tecido não-tecido (TNT - 100 g/m²). Com o resíduo da FDNi, foi estimada a proteína indegradável insolúvel em detergente neutro

(PIIDN), como descrita por Detmann et al. (2004) e definida como aproximação ao valor paramétrico da proteína indegradável da parede celular.

Avaliação do perfil químico da proteína bruta

Para a quantificação do nitrogênio não protéico (NNP, fração A) pelo método do ácido tricloroacético (TCA) e a proteína verdadeira solúvel (fração B1), obtida pela fração solúvel em tampão borato-fosfato (fração A+B1) menos a fração solúvel em TCA (fração A), seguiram-se os métodos descritos por Licitra et al. (1996).

A divisão das frações da proteína foi relacionada à velocidade com que a proteína é degradada pelas enzimas. A proteína solúvel em tampão borato-fosfato é conhecida como fração A (NNP) + B1 (proteína verdadeira solúvel). A fração B1 é calculada diminuindo-se a fração NNP da fração A+B1 (Licitra et al., 1996). A B1 é rapidamente degradada e convertida em amônia no rúmen (Sniffen et al., 1992).

A fração C (fração indigestível) foi quantificada como a proteína indegradável insolúvel em detergente neutro (PIIDN), seguindo o método descrito por Detmann et al. (2004), como descrito anteriormente.

A fração B3 é representada pelas extensinas, proteínas de ligação da parede celular que apresentam lenta taxa de degradação e, portanto, são digeridas principalmente nos intestinos (Cabral et al., 2004), pois uma alta porcentagem da fração B3 escapa à degradação ruminal (Sniffen et al., 1992). O valor da fração B3 foi obtido pela diferença entre a PIDN e a PIIDN.

A fração B2 é de fermentação variável (Licitra et al., 1996), sendo que uma parte da B2 é fermentada no rúmen e outra parte escapa para o intestino delgado. O

destino da fração B2 depende das taxas de digestão e passagem (Sniffen et al., 1992). A fração B2 foi calculada pela diferença entre o total de PB menos as frações A, B1, B3 e C.

Análises Estatísticas

A divergência do valor nutricional, baseada em variáveis discriminatórias entre os grupos, foi estimada por meio de análise de agrupamento, utilizando-se a distância euclidiana média com variáveis padronizadas e o método de agrupamento por otimização (método de Tocher). Todas as análises estatísticas foram realizadas utilizando-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (SAEG).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição química

Os teores de MS, MO, PB, EE, FDNcp, CNF, FDAcp, lignina e amido dos alimentos são apresentados na Tabela 1. Os teores de MS encontram-se dentro do ótimo para armazenamento, sendo possível a conservação por longo período, uma vez que o menor teor de água diminui a atividade microbiana (Gomes, 2007).

Pode-se observar que a MO dos alimentos variou de 81,95 a 95,41% para o farelo de mamona destoxificado e torta de licuri, respectivamente. Teores similares aos do farelo de soja e das tortas de pinhão manso foram observados por Silva et al. (2008b), os quais foram de 92,90 e de 93,60%, respectivamente. O resultado do farelo de mamona não-destoxificado é similar ao reportado por Gomes (2007), que foi de

90,50%.

Encontram-se, também, na literatura, teores discrepantes em relação aos verificados neste trabalho, sendo que, nas tortas de algodão, dendê e mamona não-destoxificada, Silva et al. (2008b) encontraram teores de 93,90, 96,40 e 93,20%, respectivamente. Quanto às tortas de nabo forrageiro e de crambe, Souza et al. (2009) relataram teores de 94,75 e 93,70%, respectivamente. Nos farelos de mamona destoxificado, algodão e girassol, os teores encontrados foram de 88,60, 92,38 e 94,54%, respectivamente, nos trabalhos de Gomes (2007), Arieta et al. (2009) e Marcondes et al. (2009).

Os teores de PB variaram de 18,92 a 57,75%, para a torta de licuri e o farelo de canudo-de-pito, respectivamente. Os teores de PB do farelo destoxificado de mamona, torta de nabo forrageiro, torta de pinhão manso I, torta de dendê, farelo de soja, torta de crambe e torta de pinhão manso II são similares aos encontrados na literatura por Oliveira et al. (2004), Neiva Júnior et al. (2007), Arieta et al. (2009), Menezes et al. (2009) e Souza et al. (2009). Marcondes et al. (2009) reportaram teor de PB de 43,63% no farelo de amendoim, que é similar à torta de amendoim II, analisada neste experimento. Os teores de PB das tortas de girassol, algodão e mamona não-destoxificada, e do farelo de algodão, diferiram dos encontrados por Neiva Júnior et al. (2007), Silva et al. (2008b), Arieta et al. (2009) e Arieta et al. (2009), respectivamente, que encontraram teores de 31,26; 35,00; 26,50 e 27,58%, respectivamente. Estas variações nos resultados parecem ser devidas a diferenças nos métodos de extração de óleo na indústria e, conseqüentemente, na produção de farelos e tortas não padronizados, disponibilizados para a pecuária.

Tabela 1. Composição química dos alimentos

Alimento	MS (%)	Item ¹								
		MO	PB	EE	FDNcp	CNF	FDAcP	Lignina	Cutina	Amido
Algodão, farelo	87,61	91,92	54,14	2,10	23,27	12,40	13,05	2,75	1,46	1,83
Algodão, torta	91,58	94,86	31,37	9,31	46,96	7,22	28,69	3,39	5,17	0,87
Amendoim, torta I	88,71	94,87	52,02	5,18	15,26	22,41	10,05	1,38	2,00	2,78
Amendoim, torta II	92,17	92,00	42,97	15,14	12,75	21,14	6,15	2,56	2,55	5,80
Babaçu, torta	93,20	94,45	19,06	9,20	62,30	3,89	33,91	4,22	7,04	1,03
Canudo-de-pito, farelo	89,02	92,30	57,75	3,15	10,13	21,27	6,60	2,11	2,56	0,70
Crambe, farelo	84,59	91,56	43,11	0,56	35,77	12,12	24,04	3,12	6,69	2,13
Crambe, torta	86,37	92,06	32,61	18,40	27,64	13,40	18,61	3,06	3,94	0,76
Dendê, torta	89,41	92,44	19,60	5,37	60,10	7,36	36,86	5,04	8,89	1,61
Girassol, farelo	89,81	93,78	27,77	1,06	48,59	16,36	31,49	3,61	4,71	2,59
Girassol, torta	88,41	93,41	28,78	2,11	39,00	23,52	24,78	3,74	5,46	0,85
Licuri, torta	93,30	95,41	18,92	16,59	52,18	7,72	30,05	3,78	13,93	1,89
Macaúba, torta das sementes	89,65	94,85	37,31	8,66	44,91	3,97	28,59	3,51	7,56	1,93
Mamona, farelo destoxificado	88,67	81,95	35,32	2,66	32,62	11,35	24,68	1,97	17,87	2,45
Mamona, farelo não-destoxificado	88,82	89,53	55,83	2,16	27,21	4,33	23,38	1,56	12,30	2,20
Mamona, torta não-destoxificada	90,34	91,60	48,21	10,36	24,30	8,72	18,84	1,89	14,26	0,68
Nabo forrageiro, torta	91,72	93,03	37,45	13,89	15,37	26,32	14,27	3,35	3,34	1,96
Pinhão manso, torta I	91,91	93,22	25,32	13,38	42,22	12,29	33,10	4,09	17,53	0,99
Pinhão manso, torta II	91,92	93,02	28,35	8,67	43,31	12,69	36,21	4,32	16,66	1,09
Soja, farelo	88,90	93,15	49,20	1,00	15,07	27,88	7,73	1,19	0,00	14,50

¹% na matéria seca (MS); MO= matéria orgânica; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; FDNcp= fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF= carboidratos não fibrosos; FDAcp= fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína.

Os teores de EE variaram de 0,56 a 18,40% para farelo e torta de crambe, respectivamente. Teores similares a alguns co-produtos e subprodutos são encontrados na literatura, sendo que Arieta et al. (2009) encontraram teores de EE de 5,73 e 13,24% nas tortas de dendê e de nabo forrageiro, respectivamente. Gomes (2007), por sua parte, reportou teor de 3,2% de EE no farelo de mamona destoxificado. Em adição, Marcondes et al. (2009) reportaram teor de 1,24% para o farelo de girassol. Oliveira et al. (2004) encontraram teor de 1,00% de EE para o farelo de soja, sendo este similar ao encontrado no presente trabalho.

Em vários artigos encontrados na literatura, apresentam-se teores de EE diferentes dos deste trabalho, como são os casos das tortas de algodão, mamona não-destoxificada e das duas tortas de pinhão manso, que foram reportados por Silva et al. (2008b), com teor de EE de 1,04; 8,70; 21,56 e 9,00%, respectivamente. Em trabalho apresentado por Souza et al. (2009), foi encontrado teor de 15,88% de EE na torta de crambe. Por sua vez, Neiva Júnior et al. (2007) relataram teor de 21,60% na torta de girassol. Silva (2006) reportou teor de 6,35% de EE na torta de babaçu. Marcondes et al. (2009) verificaram, para farelo de algodão com 28%, 38% e 46% de PB, teores de 0,52; 0,91 e 0,75% de EE, respectivamente. Esta variabilidade parece ser devida a diferenças na eficiência de extração de óleo.

As concentrações de FDNcp encontram-se entre 10,13 e 62,30% no farelo de canudo-de-pito e a torta de babaçu, respectivamente. O teor de FDNcp da torta de algodão é similar ao citado por Silva et al. (2008b), que foi de 46,30%. Porém, teores de FDNcp diferentes são encontrados na literatura para as tortas de dendê e de mamona não-destoxificada, assim como para o farelo de soja, sendo estes de 83,30; 50,00 e

19,30%, respectivamente, reportados por Silva et al. (2008b). No trabalho de Marcondes et al. (2009), encontra-se teor de FDNcp para o farelo de girassol de 21,81%, muito inferior ao encontrado na Tabela 1. A FDN influencia diretamente o consumo voluntário e, portanto, seu valor alimentício, como resultado de sua insolubilidade em meios neutros, como o rúmen; e, de forma geral, em função de sua lenta utilização pelos microrganismos ruminais, em comparação aos demais componentes dos alimentos (Detmann et al., 2008b).

Em relação aos CNF, os teores variaram de 3,89 a 27,88%, para a torta de babaçu e o farelo de soja, respectivamente. Na literatura, foram encontrados teores diferentes para a torta de girassol e o farelo de soja, de 47,01 e 36,14%, respectivamente, reportados por Marcondes et al. (2009).

Os teores de FDA corrigida para cinzas e proteína (FDAcp) encontram-se entre 6,15 e 36,86% para a torta de amendoim II e de dendê, respectivamente. Teor diferente de FDAcp foi reportado por Marcondes et al. (2009), que encontraram, nos farelos de girassol e de soja, teores de 15,64 e 4,29%, respectivamente.

Os teores de lignina variaram de 1,19 a 5,04% no farelo de soja e na torta de babaçu, respectivamente. Nas tortas de dendê e de babaçu e no farelo de mamona destoxificado, os teores encontrados por Moreira et al. (2003), Gomes (2007) e Silva et al. (2008a) foram de 24,60, 17,90% e 12,24%, respectivamente, o que sugere contaminação por cutina nos alimentos analisados por estes autores, possivelmente devido ao método de análise da lignina.

Os teores de cutina variaram de 0 a 17,87% para os farelos de soja e de mamona destoxificado, respectivamente. A cutina aparece como uma barreira para os

microrganismos ruminais (Van Soest, 1994). Os teores de cutina dos farelos de mamona não-destoxificado e destoxificado, e da torta de mamona não-destoxificada foram inferiores aos encontrados por Oliveira (2008), que foram de 25,26; 24,94 e 27,39%. Quanto ao teor de cutina do farelo de soja, valor de 0,09% foi reportado por Oliveira (2008). A divergência no teor de cutina encontrada nesses experimentos pode ser devida à fonte do alimento avaliado.

Os teores de amido variaram de 0,68 a 14,50% na torta de mamona não-destoxificada e farelo de soja, respectivamente. O teor de amido do farelo de soja foi diferente daquele relatado por Valadares Filho et al. (2006), de 8,89%. Teores de amido de 14,79 e 15,00% foram reportados por Souza et al. (2009) nas tortas de nabo forrageiro e crambe, teores que são divergentes dos encontrados neste trabalho. A diferença nos valores de amido pode ser devida a variações nos resultados, às quais o método enzimático pode estar sujeito (Saliba, 2009).

Na Tabela 2, encontra-se o agrupamento dos alimentos com base em sua composição química. O primeiro grupo (GI) foi constituído por 14 alimentos, o segundo grupo (GII) por quatro alimentos e os grupos três (GIII) e quatro (GIV) por um alimento cada.

A variável de maior contribuição para discriminação foi a PB (27,40%), seguida pelo EE (14,20%), FDNcp (13,70%), CNF (12,10%), lignina (11,60%), MO (11,10%), cutina (4,74%), amido (3,16%) e, por último, FDAcp (2,11%).

Tabela 2. Agrupamento dos alimentos com base em sua composição química

Grupo	Alimento	Item ¹								
		MO	PB	EE	FDNcp	CNF	FDAcP	Lignina	Cutina	Amido
I	Algodão, farelo									
	Algodão, torta									
	Babaçu, torta									
	Crambe, farelo									
	Crambe, torta									
	Dendê, torta									
	Girassol, farelo	93,26	32,29	8,55	40,42	12,00	26,61	3,56	8,33	1,44
	Girassol, torta									
	Licuri, torta									
	Macaúba, torta das sementes									
	Mamona, torta não-destoxificada									
	Nabo forrageiro, torta									
	Pinhão manso, torta I									
Pinhão manso, torta II										
II	Amendoim, torta I									
	Amendoim, torta II	92,18	52,14	6,41	16,34	17,29	11,55	1,90	4,85	2,87
	Canudo-de-pito, farelo									
	Mamona, farelo não-destoxificado									
III	Mamona, farelo destoxificado	81,95	35,32	2,66	32,62	11,35	24,68	1,97	17,87	2,45
IV	Soja, farelo	93,15	49,20	1,00	15,07	27,88	7,73	1,19	0,00	14,50
Contribuição para discriminação (%)		11,10	27,40	14,20	13,70	12,10	2,11	11,60	4,74	3,16

¹/% valores médios com base na matéria seca; MO= matéria orgânica; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; FDNcp= fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF= carboidratos não fibrosos; FDAcp= fibra em detergente ácido corrigida para cinzas e proteína.

O teor de PB mostrou-se a principal característica que separa os grupos, basicamente, em: GI e GIII, que apresentaram os menores teores de PB, que foram próximos a 34%, e os de maior teor de PB, que foram GII e GIV, com teores em torno de 50%.

Verificou-se que o GI e o GIII, ainda contendo quantidade similar de PB, ficaram separados devido ao GIII apresentar menor teor de MO que o GI (81,95 e 93,26%, respectivamente). O GIII foi constituído unicamente pelo farelo de mamona destoxificado, no qual é adicionada grande quantidade de óxido de cálcio (60 g/kg de alimento) (Oliveira, 2008). Portanto, o conteúdo de minerais neste alimento é muito elevado.

Outra diferença entre estes dois grupos foi que o GI apresentou teor de EE de 8,55%, comparado com 2,66% do GIII. No GII e no GIV, os teores médios de EE foram de 6,41 e 1,00%, respectivamente.

O teor de FDNcp foi característica importante para o agrupamento dos alimentos. GI e GIII tiveram teores elevados de FDNcp, de 40,42 e 32,62%, respectivamente. Por sua vez, GII e GIV tiveram teores de FDNcp de 16,34 e 15,07%, respectivamente.

O teor de CNF, similarmente ao observado para PB, foi menor nos grupos GI e GIII, sendo de 12,00 e 11,35%, respectivamente. Os grupos GII e GIV apresentaram teores mais elevados de CNF, sendo de 17,29 e 27,88%, respectivamente.

Outra grande diferença entre o GI e o GIII foi o conteúdo de cutina, sendo no primeiro de 8,33 e, no segundo, de 17,87%. O GIII foi o grupo que apresentou maior teor de cutina, o qual o separa totalmente do GI, embora tenha similaridade em outras

variáveis. O GII e o GIV, mesmo tendo teores próximos em alguns componentes, foram muito diferentes no teor de cutina, sendo que o GIV, constituído unicamente pelo farelo de soja, não apresentou cutina e o GII apresentou teor médio de 4,85%.

Quanto aos teores de lignina, o grupo que apresentou maior teor foi o GI (3,56%); os grupos II, III e IV apresentaram teores menores que 2% de lignina. Em relação ao teor de amido, o grupo destaque foi o GIV, com 14,50%, o qual o separa dos outros três grupos.

O farelo de soja (GIV) apresentou a melhor composição química; porém, o GII apresentou características químicas similares, mas com maior teor de EE e menor teor de amido que o GIV.

Perfil químico da proteína bruta

A divisão das frações da proteína, cujos valores encontram-se na Tabela 3, foi realizada segundo o Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS), com modificação na fração C de acordo com sugestão de Detmann et al. (2004).

O aquecimento do material ocasiona redução geral na solubilidade das proteínas citoplasmáticas por meio de desnaturação. O grau de redução da solubilidade depende das circunstâncias, especificamente da temperatura e, ou do tempo de aquecimento aplicados ao material (Van Soest, 1994). Portanto, o fracionamento das proteínas permite utilizar, com maior precisão, os alimentos nas rações animais, sendo possível a predição da digestibilidade da proteína dos alimentos com modelos e equações de predição.

Tabela 3. Perfil químico da proteína bruta dos alimentos

Alimento	Fração ¹				
	NNP	B1	B2	B3	C
Algodão, farelo	9,61	1,61	76,40	11,23	1,15
Algodão, torta	12,01	1,39	77,97	5,31	3,32
Amendoim, torta I	24,63	37,63	34,62	2,38	0,74
Amendoim, torta II	20,74	36,04	38,04	4,32	0,87
Babaçu, torta	9,02	0,19	41,32	41,51	7,96
Canudo-de-pito, farelo	8,11	13,76	74,26	2,00	1,88
Crambe, farelo	30,01	1,92	55,47	9,20	3,40
Crambe, torta	43,31	3,60	46,72	3,14	3,22
Dendê, torta	8,53	4,10	16,75	59,15	11,47
Girassol, farelo	11,65	23,83	50,73	11,04	2,76
Girassol, torta	9,18	1,36	65,70	20,77	2,98
Licuri, torta	18,68	3,48	61,57	11,53	4,74
Macaúba, torta das sementes	13,68	15,89	65,17	2,90	2,37
Mamona, farelo destoxificado	21,42	0,20	65,56	4,56	8,26
Mamona, farelo não-destoxificado	18,13	0,08	71,65	7,01	3,12
Mamona, torta não-destoxificada	26,78	3,36	64,11	2,93	2,81
Nabo forrageiro, torta	40,08	3,40	50,81	1,86	3,84
Pinhão manso, torta I	12,97	1,38	76,70	4,06	4,89
Pinhão manso, torta II	12,71	12,49	64,02	5,39	5,39
Soja, farelo	5,40	0,15	79,39	14,47	0,60

¹/% da proteína bruta; NNP= nitrogênio não protéico.

A fração A, ou NNP, variou entre 5,40 e 43,31% para o farelo de soja e a torta de crambe, respectivamente. O teor da fração B1 variou entre 0,08 e 37,63% no farelo de mamona não-destoxificado e na torta de amendoim I, respectivamente. Os teores da fração B2 estiveram entre 16,75 e 79,39% para a torta de dendê e o farelo de soja, respectivamente. Os teores da fração B3 variaram entre 1,86 e 59,15%, correspondentes às tortas de nabo forrageiro e de dendê, respectivamente. Suplementos protéicos têm baixo teor de fração B3, mas, ao contrário, co-produtos contêm quantidade significativa desta fração (Krishnamoorthy et al., 1982).

A fração C apresentou teores de 0,60, no farelo de soja, a 11,47%, na torta de dendê. Esta fração representa a parte indigestível da proteína bruta e, portanto, não

disponível para o animal.

O fracionamento da PB é importante, pois a consideração da massa de PB no alimento, como entidade homogênea, poderia conduzir a distorções na estimativa da fração aparentemente digestível a partir da composição química dos alimentos produzidos em condições tropicais. Assim, a subdivisão da PB total contida no alimento conduziria à maior exatidão das estimativas dos teores dietéticos de PB aparentemente digestível (Detmann et al., 2008a).

Não foi possível fazer comparações dos teores das frações NNP, B1, B2, B3 e C dos alimentos avaliados, pois não foram encontrados relatos na literatura.

Na Tabela 4, encontra-se o agrupamento dos alimentos com base no perfil químico da PB. Observou-se a formação de quatro grupos, sendo que a variável de maior contribuição na discriminação foi a fração B1 (28,90%), seguida pela B2 (22,60%), B3 (20,00%), NNP (18,40%) e fração C (10,00%).

O primeiro grupo (GI) foi constituído por 14 alimentos, o segundo grupo (G2) por três alimentos, o grupo três (GIII) por dois alimentos, e o grupo quatro (GIV) por um alimento. Pode-se observar que o GIV teve teores da fração B2 e do NNP parecidos ao GI, porém, o teor da fração B1 foi muito diferente entre estes grupos, o que os separou. Também, o GI apresentou menor teor da fração C e maior teor da fração B3 que o GIV, sendo estes teores de 3,12 e 7,27% no GI e de 8,26 e 4,56% no GIV, respectivamente.

O GII apresentou teor de NNP parecido ao do GI, porém, a fração B1 foi bem diferente, sendo de 32,50% no GII e de 4,56% no GI. Também, encontrou-se diferença entre os teores das frações B2, B3 e C para ambos os grupos, sendo de 66,42,

7,27 e 3,12% no GI, respectivamente, e de 41,13, 5,91 e 1,45% no GII, respectivamente.

Tabela 4. Agrupamento dos alimentos com base no perfil químico da proteína bruta

Grupo	Alimento	Teor médio ¹				
		NNP	B1	B2	B3	C
I	Algodão, farelo					
	Algodão, torta					
	Canudo-de-pito, farelo					
	Crambe, farelo					
	Crambe, torta					
	Girassol, torta					
	Licuri, torta	18,62	4,56	66,42	7,27	3,12
	Macaúba, torta das sementes					
	Mamona, farelo não-destoxificado					
	Mamona, torta não-destoxificada					
	Nabo forrageiro, torta					
	Pinhão manso, torta I					
	Pinhão manso, torta II					
Soja, farelo						
II	Amendoim, torta I					
	Amendoim, torta II	19,01	32,50	41,13	5,91	1,45
	Girassol, farelo					
III	Babaçu, torta	8,77	2,15	29,03	50,33	9,71
	Dendê, torta					
IV	Mamona, farelo destoxificado	21,42	0,20	65,56	4,56	8,26
Contribuição para discriminação (%)		18,40	28,90	22,60	20,00	10,00

¹/% da proteína bruta; NNP= nitrogênio não protéico.

O GIII teve mais proteína associada à fibra, correspondente à fração B3, sendo que os alimentos deste grupo foram os que apresentaram o maior teor de FDNcp (Tabela 1).

O GI apresentou melhor perfil químico da PB devido ao baixo teor das frações B3 e C e, principalmente, por ter alta proporção da fração B2, permitindo que parte desta proteína seja fermentada no rúmen e parte escape ao intestino delgado, logrando um melhor aproveitamento da PB.

Características de digestibilidade

Os valores de digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS), digestibilidade *in vitro* da FDN (DIVFDN), proteína degradada no rúmen (PDR), proteína não degradada no rúmen (PNDR), digestibilidade intestinal da proteína (DI), PNDR digestível (PNDR_D), FDN indigestível (FDNi) e proteína indegradável insolúvel em detergente neutro (PIIDN) dos alimentos são apresentados na Tabela 5. A DIVMS variou entre 31,00 e 95,92% para os farelos de mamona destoxificado e de soja, respectivamente. Quanto às porcentagens de DIVFDN, as mesmas encontraram-se entre 55,04 e 97,74% para a torta de licuri e o farelo de soja, respectivamente. Valores inferiores de DIVFDN estão relacionados à maior proporção de FDNi e podem ser devidos à maior proporção de casca em alguns alimentos.

O teor de PDR variou de 41,06 a 97,61% para as tortas de dendê e de amendoim I, respectivamente. O teor de PDR dos farelos de soja e de algodão diferiu dos reportados por Cabral et al. (2001), de 50,86 e 64,71%, respectivamente.

A PB das tortas de amendoim I e II, nabo forrageiro, crambe e mamona não-destoxificada, de forma similar à dos farelos de algodão e canudo-de-pito, apresentou alta degradação no rúmen, o que merece atenção especial quando estes alimentos forem incluídos na ração animal. Isto porque pode ocorrer grande perda de nitrogênio no rúmen, exigindo, deste modo, inclusão de fontes energéticas de alta disponibilidade para serem utilizadas no rúmen, já que a maior eficiência de síntese microbiana ocorre quando a taxa de degradação de proteínas e carboidratos é semelhante (Lana, 2005).

Tabela 5. Características digestivas dos alimentos

Alimento	DIVMS	DIVFDN	PDR ¹	PNDR ¹	DI	PNDR _D ¹	FDNi ²	PIIDN ²
Algodão, farelo	79,36	89,10	90,86	9,14	47,78	4,37	18,85	0,62
Algodão, torta	66,16	73,21	79,87	20,13	43,30	8,72	23,48	1,04
Amendoim, torta I	90,03	93,28	97,61	2,39	46,09	1,10	6,05	0,38
Amendoim, torta II	93,39	95,65	91,78	8,22	81,73	6,72	4,64	0,37
Babaçu, torta	62,66	66,71	46,17	53,83	65,69	35,37	40,71	1,52
Canudo-de-pito, farelo	88,85	94,66	96,44	3,56	9,27	0,33	5,11	1,08
Crambe, farelo	65,72	72,52	70,40	29,60	50,29	14,88	21,87	1,46
Crambe, torta	64,16	78,45	92,44	7,56	15,49	1,17	18,95	1,05
Dendê, torta	66,44	70,69	41,06	58,94	53,71	31,66	22,75	2,25
Girassol, farelo	61,03	64,44	84,81	15,19	43,99	6,68	28,61	0,77
Girassol, torta	60,87	66,43	41,42	58,58	81,94	48,00	24,75	0,86
Licuri, torta	47,97	55,04	56,61	43,39	81,26	35,25	35,06	0,90
Macaúba, torta das sementes	82,74	85,61	42,89	57,11	93,35	53,32	12,13	0,88
Mamona, farelo destoxificado	31,00	60,13	62,67	37,33	64,82	24,20	31,98	2,92
Mamona, farelo não-destoxificado	74,88	78,86	67,92	32,08	56,59	18,15	36,90	1,74
Mamona, torta não-destoxificada	70,91	77,42	85,21	14,79	80,53	11,91	32,08	1,36
Nabo forrageiro, torta	84,65	88,35	94,16	5,84	12,76	0,75	9,87	1,44
Pinhão manso, torta I	57,14	62,66	70,92	29,08	65,11	18,93	34,71	1,24
Pinhão manso, torta II	57,13	62,40	72,61	27,39	56,38	15,44	40,80	1,53
Soja, farelo	95,92	97,74	67,95	32,05	94,26	30,21	1,05	0,29

¹/% na PB; ²/% na matéria seca (MS); DIVMS= digestibilidade *in vitro* da MS; DIVFDN= digestibilidade *in vitro* da FDN; PDR= proteína degradada no rúmen; PNDR= proteína não degradada no rúmen; DI= digestibilidade intestinal da PNDR; PNDR_D= PNDR digestível; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível; PIIDN= proteína indegradável insolúvel em detergente neutro.

O teor de PNDR é inversamente proporcional ao teor de PDR do alimento. Porém, destacam-se as tortas de dendê, babaçu, girassol, licuri e das sementes de macaúba como alimentos com alto teor de PNDR.

Quanto aos valores encontrados de digestibilidade intestinal da PNDR (DI), os mesmos variaram de 9,27 a 94,26%, nos farelos de canudo-de-pito e de soja, respectivamente, sendo que, no farelo de soja, este valor está de acordo com os encontrados na literatura, de 89,9%, por Calsamiglia e Stern (1995), e de 91,86%, por Marcondes et al. (2009). Para o farelo de algodão, porcentagem de DI próxima à encontrada neste trabalho foi reportada por Cabral et al. (2001), de 53,66%. A torta das sementes de macaúba também apresentou alta DI, sendo próxima à do farelo de soja, o que pode ser atribuído à boa qualidade das proteínas que ficaram retidas na porção da PNDR. Por sua vez, as tortas de amendoim II, girassol, licuri e mamona não-destoxificada apresentaram DI superior a 80%.

Teores de PNDR_D entre 0,33 e 53,32% foram encontrados no farelo de canudo-de-pito e na torta das sementes de macaúba, respectivamente. Pode-se notar que as tortas de babaçu, dendê, girassol, licuri e das sementes de macaúba apresentaram teor de PNDR_D superior ao do farelo de soja. As frações de PDR e PNDR_D são de suma importância, pois dietas que fornecem excesso de PB ou PDR podem apresentar assincronia entre a degradação de proteína e a disponibilidade de energia no rúmen. Por outro lado, dietas que fornecem quantidades inadequadas de amônia e PDR limitam o crescimento microbiano e comprometem a digestão da fração fibrosa dos carboidratos (Santos, 1999).

Em ruminantes, a maior parte da variabilidade referente à capacidade do

alimento de fornecer energia para manutenção ou produção animal reside sobre como a FDN interage com os sistemas enzimáticos microbianos, responsáveis por sua degradação e utilização (Detmann et al., 2008b). A fração da FDN digerível constitui a principal fração energética dos alimentos nos trópicos, sendo que a fração indigestível da FDN (FDNi) limita o consumo devido ao fator de enchimento no trato gastrointestinal. A fração indigestível da FDN (FDNi) variou entre 1,05 e 40,80% para o farelo de soja e a torta de pinhão manso II, respectivamente. Os altos teores de FDNi nas tortas de pinhão manso I e II, babaçu, licuri, mamona não-destoxificada e nos farelos destoxificado e não-destoxificado de mamona podem ser devidos à alta existência de casca nos alimentos. O teor de FDNi do farelo de soja foi inferior ao encontrado por Valadares Filho et al. (2006), que relataram um teor de 2,11%.

Em relação à PIIDN, os teores variaram entre 0,29 e 2,92% para os farelos de soja e de mamona destoxificado, respectivamente. Não foi possível encontrar valores de PIIDN na literatura para ampliar a discussão.

Na Tabela 6, encontra-se o agrupamento dos alimentos com base nas características digestivas. Foram constituídos cinco grupos, sendo que as variáveis de maior contribuição para discriminação foram a DIVFDN e a PDR, ambas com valor de contribuição de 23,20%. A FDNi foi a segunda, com 13,70%, seguida pela PNDR (8,95%), PIIDN (8,42%), DIVMS e DI com a mesma contribuição (7,89%) e PNDR_D (6,84%). Os teores de PNDR são inversamente proporcionais aos teores de PDR, portanto, só o teor de PDR será discutido por ter apresentado maior contribuição na discriminação.

O primeiro grupo (GI) foi constituído por nove alimentos, o segundo grupo

(G2) por quatro alimentos, o grupo três (GIII) por quatro alimentos, o grupo quatro (GIV) por dois alimentos e o grupo cinco (GV) por um alimento.

O GII e o GIV, embora com valores similares de DIVMS, DIVFDN, FDNi e PIIDN, apresentaram teores diferentes de PDR. O GII apresentou o maior teor de PDR, o que o diferenciou do GIV, sendo de 95,00 e 55,42%, respectivamente. O GII apresentou DI e $PNDR_D$ muito inferiores aos valores do GIV, sendo estes valores de 37,46 e 2,22% no GII e de 93,80 e 41,76% no GIV, respectivamente.

O GV, formado unicamente pelo farelo de mamona destoxificado, apresentou os menores valores de DIVMS e DIVFDN e os maiores teores de FDNi e PIIDN, quando comparado com os outros grupos. Porém, o GV apresentou DIVFDN similar ao GIII, diferenciando-se pelo fato de que a DI e a $PNDR_D$ foram superiores no GIII, sendo estes valores de 64,82 e 24,20% no GV e de 70,65 e 37,57% no GIII, respectivamente.

Os grupos GI e GIII apresentaram teores similares de FDNi e PIIDN, embora o GI tenha apresentado valores de DIVMS, DIVFDN e PDR superiores ao GIII, sendo de 66,28; 73,23 e 79,45% no GI, respectivamente, e de 59,49; 64,72 e 46,31% no GIII, respectivamente; também, o GI apresentou valores inferiores de DI e $PNDR_D$, quando comparado com o GIII, sendo de 51,05 e 11,14% para o GI, respectivamente, e de 70,65 e 37,57% para o GIII, respectivamente.

Tabela 6. Agrupamento dos alimentos com base em suas características digestivas

Grupo	Alimento	Teor médio							
		DIVMS	DIVFDN	PDR ¹	PNDR ¹	DI	PNDR _D ¹	FDNi ²	PIIDN ²
I	Algodão, farelo								
	Algodão, torta								
	Crambe, farelo								
	Crambe, torta								
	Girassol, farelo	66,28	73,23	79,45	20,55	51,05	11,14	28,47	1,20
	Mamona, farelo não-destoxificado								
	Mamona, torta não-destoxificada								
	Pinhão manso, torta I								
	Pinhão manso, torta II								
II	Amendoim, torta I								
	Amendoim, torta II								
	Canudo-de-pito, farelo	89,23	92,98	95,00	5,00	37,46	2,22	6,42	0,82
	Nabo forrageiro, torta								
III	Babaçu, torta								
	Dendê, torta								
	Girassol, torta	59,49	64,72	46,31	53,69	70,65	37,57	30,82	1,38
	Licuri, torta								
IV	Macaúba, torta das sementes	89,33	91,67	55,42	44,58	93,80	41,76	6,59	0,59
	Soja, farelo								
V	Mamona, farelo destoxificado	31,00	60,13	62,67	37,33	64,82	24,20	31,98	2,92
Contribuição para discriminação (%)		7,89	23,20	23,20	8,95	7,89	6,84	13,70	8,42

¹/% na PB; ²/% na matéria seca (MS); DIVMS= digestibilidade *in vitro* da MS; DIVFDN= digestibilidade *in vitro* da FDN; PDR= proteína degradada no rúmen; PNDR= proteína não degradada no rúmen; DI= digestibilidade intestinal da PNDR; PNDR_D= PNDR digestível; FDNi= fibra em detergente neutro indigestível; PIIDN= proteína indegradável insolúvel em detergente neutro.

Pode-se observar que o GIII e o GIV apresentaram teores próximos para as variáveis PNDR_D e PDR. Porém, o GIV apresentou maior DIVMS e DIVFDN, sendo estes valores de 89,33 e 91,67% no GIV, respectivamente, e de 59,49 e 64,72% no GIII, respectivamente. Também, o GIV apresentou teores bastante inferiores de FDNi e PIIDN, sendo que, para o GIV, os teores foram de 6,59 e 0,59%, respectivamente, e, no GIII, os teores foram de 30,82 e 1,38%, respectivamente.

De acordo com as características biológicas dos alimentos aqui apresentados, o GIV foi o que mostrou as melhores características devido à alta DIVFDN e DI, além de ter uma ótima proporção de PDR e PNDR e baixos teores de FDNi e PIIDN. Considerando-se as características digestivas, a torta das sementes de macaúba assemelhou-se ao farelo de soja, neste trabalho.

CONCLUSÕES

Os diferentes co-produtos e subprodutos podem ser constituintes das rações de animais ruminantes, quando utilizados de forma adequada, e podem ser utilizados como alimentos protéicos.

Recomenda-se testar os alimentos em avaliações *in vivo* para determinar a possibilidade de utilização ou não dos mesmos e o melhor nível de inclusão a ser adotado.

LITERATURA CITADA

- AOCS. Approved procedure am 5-04. Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction. [online]. 2009. Disponível em: http://www.ankom.com/media/documents/CrudeFat_0504_013009.pdf
- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODOI, A.R.; CARMO C.A.; EDUARDO, J.L.P. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia* [online]. v.37, n.spe [cited 2009-09-02], p.260-268, 2008.
- ARIETA, N.F.; SILVA, J.A.; SHEN, C.G.; BERENCHTEIN, B.; PEÇANHA, M.R.S.R.; CASTILHO, L.A.; ABDALLA, A.L. Composição bromatológica de farelo e tortas da cadeia do biodiesel. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 17., 2009, Pirassununga, SP. *Anais...* Pirassununga, SP: USP, 2009. 1p.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; MALAFAIA, P.A.M.; LANA, R.P.; SILVA, J.F.C.; VIEIRA, R.A.M.; PEREIRA, E.S. Estimação da digestibilidade intestinal da proteína de alimentos por intermédio da técnica de três estádios. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.2, p.546-552, 2001.
- CABRAL, L.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; ZERVOUDAKIS, J.T.; VELOSO, R.G.; NUNES, P.M.M. Taxas de digestão das frações protéicas e de carboidratos para as silagens de milho e de capim-elefante, o feno de capim-tifton-85 e o farelo de soja. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.6, p.1573-1580, 2004.
- CALSAMIGLIA, S.; STERN, M.D. A three-step *in vitro* procedure for estimating intestinal digestion of protein in ruminants. *Journal of Animal Science*, v.73, p.1459-1465, 1995.
- CASALI, A.O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, J.C.; HENRIQUES, L.T.; FREITAS, S.G.; PULINO, MF. Influência do tempo de incubação e tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimento *in situ*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.2, p.335-342, 2008.
- DETMANN, E.; CLIPES, R.C.; COELHO DA SILVA, J.F.; VIEIRA, R.A.M.; LISTA, F.N.; NUNES, L.B.M. Avaliação da proteína insolúvel em detergente ácido como estimador da fração protéica indegradável no rúmen em forragens tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004 (CD-ROM).
- DETMANN, E.; MAGALHÃES, K.A.; VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, M.F.; HENRIQUES, L.T. Desenvolvimento de um submodelo bicompartimental para estimação da fração digestível da proteína bruta em bovinos a partir da composição química dos alimentos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.12, p.2215-2221, 2008a.

- DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C. Avaliação de alimentos ou de dietas? Uma abordagem conceitual. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 6., 2008, Viçosa, MG. *Anais...* Viçosa, MG: UFV/DZO, 2008b. p.21-52.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 2010.
- FAO. *El estado mundial de la agricultura y la alimentación*. In: BIOCOMBUSTIBLES: PERSPECTIVAS, RIESGOS Y OPORTUNIDADES. Roma: FAO, 2008.
- GOMES, F.H.T. *Composição químico-bromatológica e degradação in situ de nutrientes de co-produtos da mamona e do pinhão-manso da cadeia produtiva do biodiesel*. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2007. 50p. Monografia (Estágio Curricular Obrigatório)- Universidade Federal do Ceará 2007.
- IEA - International Energy Agency. *World energy outlook 2006*. Paris: IEA, 2006.
- KRISHNAMOORTHY, U.C.; MUSCATO, T.V.; SNIFFEN, C.J.; VAN SOEST, P.J. Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science*, v.65, p.217- 225, 1982.
- LANA, R.P. *Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)*. Viçosa: UFV, 2005. 344p.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, v.57, p.347-358, 1996.
- MARCONDES, M.I.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; VALADARES, R.F.D.; SILVA, L.F.C.; FONSECA, M.A. Degradação ruminal e digestibilidade intestinal da proteína bruta de alimentos para bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, n.11, p.2247-2257, 2009.
- McCLEARY, B. V.; GIBSON, T. S.; MUGFORD, D. C. Measurement of total starch in cereal products by amyloglucosidase – α -amylase method: collaborative study. *Journal of Association of Analytical Communities International*, v.80, n.3, p.571-579, 1997.
- MENEZES, D.R.; COSTA, R.G.; ARAÚJO, G.G.L.; PEREIRA, L.G.R.; MEDEIROS, A.N.; VOLTOLINI, T.V.; CHIZZOTTI, M.L.; SOUZA, R.A.; BARBOSA, A.L. Desempenho e ganho de peso de cordeiros alimentados com farelo de mamona. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CAPRINOS E OVINOS DE CORTE, 4., 2009. FEIRA NACIONAL DO AGRONÉGOCIO DA CAPRINO-OVINOCULTURA DE CORTE. João Pessoa, PB. *Anais...* João Pessoa, PB: Editora, 2009. 3p.
- MOREIRA, J.F.C.; RODRIGUEZ, N.M.; FERNANDES, P.C.C.; VELOSO, C.M.; SALIBA, E.O.S.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I.; BORGES, A.L.C.C. Concentrados protéicos para bovinos. 1. Digestibilidade *in situ* da matéria seca e da proteína bruta. *Arquivo Brasileiro de Medicina*

Veterinária e Zootecnia, v.55, n.3, p.315-323, 2003.

- NEIVA JÚNIOR, A.P.; VAN CLEEF, E.H.C.B.; PARDO, R.M.P.; SILVA FILHO, J.C.; CASTRO NETO, P.; FRAGA, A.C. Subprodutos agroindustriais do biodiesel na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2., 2007, Brasília, DF. Brasília: ABIPTI, 2007. Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/coproduto/21.pdf>
- OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; SOUZA, S.M.; FONSECA, A.B.; AZEVEDO, J.A.G. Consumo, digestibilidade dos nutrientes e indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas contendo farelo ou torta de mamona tratado ou não com hidróxido de cálcio. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DO BIODIESEL, 1., 2004. Varginha, MG. *Anais...* Disponível em: <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2006/Co-Produtos/Consumo2.pdf>
- OLIVEIRA, A.S. *Co-produtos da extração de óleo de sementes de mamona e de girassol na alimentação de ruminantes*. Viçosa, MG. 166p. Tese (Doutorado em Zootecnia), Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- QUINTELLA, C.M.; TEIXEIRA, L.S.G.; KORN, M.G.A.; COSTA NETO, P.R.; TORRES, E.A.; CASTRO, M.P.; JESUS, C.A.C. Cadeia do biodiesel da bancada à indústria: uma visão geral com prospecção de tarefas e oportunidades para P&D&I. *Química Nova* [online]. v.32, n.3, p. 793-808, 2009.
- SALIBA, E.O.S.; OLIVEIRA, M.C.; FARIA, E.P.; ROGRIGUEZ, N.M.; RIBEIRO, L.G.P.; BORGES, I.; MOREIRA, G.R. Avaliação da concentração de amido na raiz de genótipos de mandioca através das técnicas enzimáticas: espectroscopia no infravermelho com transformação de Fourier (FTIV) e análise particular por difração a laser (pártica). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 46. *Anais...* Maringá: SBZ, 2009.
- SANTOS, J.E.P. *Efeitos da nutrição na reprodução*. Veterinary Medicine Teaching and Research Center, School of Veterinary Medicine, UC-Davis. 1999.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 3.ed. Viçosa: Editora UFV, 2002. 235p.
- SILVA, T.C.P. *Substituição do farelo de trigo pela torta de babaçu na alimentação de vacas mestiças em lactação*. Recife, PE. 30p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006.
- SILVA, A.G.M.; BORGES, I.; NEIVA, J.N.; RODRIGUEZ, N.M.; SALIBA, E.O.S.; MORAIS, S.A.; SILVA, J.J.; MERLO, F.A.; SOUZA, T.D.S.; MAGALHÃES JÚNIOR, L.L. Degradabilidade *in situ* da torta de babaçu-matéria seca e proteína. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 5., 2008, Aracaju, SE. *Anais...* 2008a.

- SILVA, J.A.; CAMPOS, F.C.; VIEIRA, S.S.; BERENCHTEIN, B.; PEÇANHA, M.R.S.R.; CASTILHO, L.A.; ABDALLA, A.L. Análise bromatológica de co-produtos do biodiesel. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 16., 2008, Piracicaba, SP. *Anais...* Piracicaba, SP: USP, 2008b. 1p.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSELL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. *Journal of Animal Science*, v.70, p.3562- 3577, 1992.
- SOUZA, A.D.V.; FAVARO, S.P.; ÍTAVO, L.C.V.; ROSCOE, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, nabo-forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.
- SUAREZ, P.A.Z.; SANTOS, A.L.F.; RODRIGUES, J.P.; ALVES, M.B. Biocombustíveis a partir de óleos e gorduras: desafios tecnológicos para viabilizá-los. *Química Nova* [online]. v.32, n.3, p.768-775, 2009.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal British Grassland Society*, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas de composição de alimentos-BR-CORTE*. 1. ed. Viçosa: UFV, DZO, 2006. 142p.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Cornell University Press, 1994. 475p.