

Caracterização bromatológica de farelos de pinhão-mansô

C. A. Honorato¹; C. J. Silva²

¹ Centro Universitário da Grande Dourados – UNIGRAN, Faculdade de Ciências Biológicas e da Saúde, Medicina Veterinária, Rua Balbina de Matos, 2121 – Jd. Universitário CEP 79.824-900, Dourados-Mato Grosso do Sul, Brasil

² Embrapa Agropecuária Oeste, Laboratório de Plantas Oleaginosas, BR 163, km 253,6 - Caixa Postal 449, CEP 79804-970 - Dourados-Mato Grosso do Sul, Brasil

clauciahonorato@yahoo.com.br

(Recebido em 6 de junho de 2013; aceito em 17 de setembro de 2013)

Este trabalho teve como objetivo avaliar a composição química de farelos de pinhão-mansô in natura e submetidos ao processo de detoxificação. Foram utilizados FPM - farelo de pinhão-mansô, - FPMd - farelo de pinhão-mansô detoxificado, FPDa - farelo de pinhão-mansô detoxificado e autoclavado. Estes produtos foram analisados quanto aos seus teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo, cinzas, carboidrato, energia metabolizável, aminoácidos livres, incrementos de fibra alimentar e proteína bruta e composição mineral. Os resultados das análises bromatológicas dos farelos de pinhão mansô demonstram diferenças na sua composição conforme o processamento aplicado para detoxificação. Os teores de proteína bruta e aminoácidos livres apresentaram-se menores nos farelos submetidos ao processo de detoxificação. O processo de detoxificação resultou em um incremento de fibra. A composição mineral também apresentou alteração nas tortas de pinhão-mansô detoxificadas. Conclui-se que o processo de detoxificação da torta de pinhão-mansô promoveu aumento nos teores de carboidratos, lipídeos e fibra.

Palavras-chave: biodiesel, resíduos agroindustriais, *Jatropha curcas* L.

Bromatological characterization of physic nut presscakes

This work aims to evaluate the Bromatological characterization of physic nut presscakes in natura and subjected to the process of detoxification. We used FPM- physic nut presscakes, FPMd- physic nut presscakes detoxificated, FPDa- physic nut presscakes detoxicated and autoclaved. These products have been analyzed as to their levels of moisture, crude protein, ether extract, ashes, carbohydrate, metabolizable energy, free amino acids, increments of dietary fibers and crude protein and mineral quantification. The results of qualitative characteristics analysis of presscakes of physic nut demonstrate differences in their composition as the processing applied to detoxification. The levels of crude protein and free amino acids were lower in sharps subject to the detoxification. The detoxification process resulted in an increase of fiber available. Mineral makeup also introduced changes in the presscakes of physic nut detoxification. It is concluded that the process of detoxification of presscakes of physic nut promoted pie increase in the levels of carbohydrates, lipids and fibers.

Keywords: biodiesel, agroindustrial waste, *Jatropha curcas* L.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação com o meio ambiente proporcionou um crescente interesse em fontes de energia alternativas, com a finalidade de substituir os combustíveis de origem fóssil. Dessa forma, podemos notar vários investimentos no ramo do biodiesel, onde plantas oleaginosas são potenciais matérias-primas [1], e dentre essas, o pinhão-mansô (*Jatropha curcas* L.), por seu alto conteúdo de óleo (35 a 45%), é uma escolha na utilização para a indústria de biocombustível [2] e gerador de torta como co-produto.

Pinhão-mansô pertence à família Euforbiaceae é um arbusto de crescimento rápido. Com relação à distribuição geográfica, pode ser encontrado em várias regiões intertropicais, e de fácil adaptação [3]. O pinhão-mansô possui grande importância para o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB), já que tem alto potencial oleaginoso. Existem muitas vantagens no seu cultivo, entre elas o seu alto rendimento e sua longevidade de produção [4].

Um dos problemas no sistema de produção está relacionada com a destinação do co-produto como a torta. Uma alternativa para o uso racional e economicamente viável deste co-produto seria a utilização como alimento para animais de produção[5].

A torta do pinhão-manso, co-produto resultante da extração de seu óleo, é utilizada comumente como adubo orgânico, sendo rica em nitrogênio [6]. Ela poderia também ser utilizada na nutrição animal, porém, em razão do alto grau de toxicidade de seus componentes principalmente pela presença de ester de forbol, esta é inviável para utilização com fins alimentares tanto para o homem quanto para os animais.

Há um grande interesse sobre o aproveitamento desses co-produtos originados na produção agrícola e agroindústria na alimentação animal, mais especificamente na inclusão em rações concentradas [7]. Até o momento o pinhão-manso tem seu uso restrito e utilizado apenas como produto purgativo, sendo relatado alguns casos de intoxicação [8].

A limitação da utilização desse co-produto como alimento é atribuído à presença de fatores limitantes de natureza tóxica, alergênica e antinutricional[5]. A toxicidade das sementes deve-se à presença de vários fatores tóxicos como a curcina, ésteres diterpenos, como o éster de forbol e as proteínas com potencial alergênico semelhante à albumina 2S da mamona [9, 10, 11]. Vários autores vêm demonstrando que a atividade tóxica das sementes e do óleo do pinhão-manso [12, 13], que é predominante na maioria dos acessos, na faixa de 0,82 a 3,85 mg/g de albúmen [12, 10].

Estudos sobre avaliação toxicológica da torta de pinhão-manso na alimentação animal analisam os efeitos deletérios no crescimento, sobrevivência e na histologia hepática [14]. Visando resolver o problema da toxidez e diminuir os riscos de impactos ambientais além da valoração do co-produto[15] algumas técnicas vêm sendo desenvolvidas para diminuir a toxicidade deste produto.

O Brasil possui uma grande quantidade de co-produtos da agricultura e da agroindústria que possuem potencial para utilização na alimentação de animais, sendo fontes altamente nutritivas [16]. A transformação da torta de pinhão-manso em um produto atóxico desperta a atenção, por viabilizar o uso deste produto na alimentação animal. As técnicas podem ser de natureza física ou química podendo alterar a disponibilidade de nutrientes o que acarretaria em diminuição do valor nutricional [15].

A detoxificação da torta de pinhão- manso consiste em utilizar técnicas físicas ou químicas capaz de diminuir ou se os teores das substâncias tóxicas presentes no produto. No entanto, estes tratamentos podem ocasionar complexações de nutrientes.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a composição bromatológica de farelo de pinhão-manso in natura e submetido ao processo de detoxificação.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

As tortas de pinhão-manso (TPM), resultante da extração do óleo por prensagem mecânica a frio, foram adquiridas em uma unidade industrial de esmagamento da Fazenda Paraíso, localizada no município de Dourados – MS. O processo de detoxificação foi desenvolvido pela equipe da Embrapa Agroenergia e a Embrapa Alimentos. Após o desenvolvimento da técnica e efetiva comprovação em vitro da eliminação do ester de forbol foram obtidos dois produtos denominados de farelo de pinhão-manso detoxificado e farelo de pinhão-manso detoxificado e autoclavado. Os farelos de pinhão-manso obtidos foram homogeneizados em moinho analítico (modelo IKA A11 basic, Quimis, Diadema, SP) e armazenados em câmara fria a -10 °C, até a realização das análises.

Os farelos de pinhão-manso foram analisados quanto aos seus teores de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e cinzas, conforme metodologia descrita no Association of Official Analytical Chemists [17]. O conteúdo de umidade foi determinado submetendo-se as amostras a 65°C, em estufa até peso constante. O teor de proteína bruta foi obtido pela multiplicação da porcentagem de nitrogênio total, determinado pelo método de Kjeldhall e multiplicado pelo fator 6,25. Foram determinados níveis de extrato etéreo utilizando-se o aparelho de extração de Soxhlet, tendo-se como solvente o éter de petróleo (p.e. 30 – 60°C) com refluxo contínuo

através da amostra, por 6 horas. A concentração de cinza foi determinada carbonizando-se a amostra em mufla a 600 °C, até peso constante. A fração glicídica (carboidrato) foi extraída de acordo com o método de Lane-Eynon e quantificada por colorimetria pelo método de Somogyi-Nelson em espectrofotometria a 510 nm, utilizando uma curva padrão construída a partir de solução de glicose (100 mg mL⁻¹), com intervalo de 40 a 200 µg.

Depois de obtidos os resultados das análises laboratoriais, foram calculados os teores de ENN = 100 - (PB+EE+FB+MM); energia bruta (EB) = (PB x 40) + (EE x 80,5) + (ENN x 60), [18] e energia metabolizável para cães (EM) = (PB x 35) + (EE x 85) + (ENN x 35), sendo os valores de EM expressos em kcal kg⁻¹ de MS [19]. O aproveitamento de energia (Ap) foi calculado segundo a equação Ap = (100 x EM)/EB e o resíduo de energia = 100-Ap [18].

As amostras de farelos de pinhão-manso foram diluídas em água destilada, na proporção 1/10. Estas foram homogeneizadas em homogeneizador mecânico tipo Potter Elvehj em com três strokes de 30 segundos a 1.000 rpm, sob banho de gelo. Após a homogeneização, os extratos foram centrifugados a 13.400 x g por três minutos. Os sobrenadantes foram utilizados como extratos para quantificação de aminoácidos livres. O teor de aminoácidos livres foi determinado segundo [19]. Uma alíquota do extrato era adicionada a 2,0 ml de solução de ninhidrina 0,1% em propanol. Os tubos de reação eram vedados e então, colocados em banho-maria a 40 °C por 40 minutos. A leitura óptica foi realizada em 570 nm. As concentrações de aminoácidos livres foram estimadas contra um padrão de ácido α-aminoacético 1mM.

Os incrementos de fibra alimentar (IF) e proteína bruta (IPB) nas tortas foram calculados a partir dos teores de fibra e proteína: IF = ((Fibra no farelo- Fibra do grão)/fibra do grão)*100; IP = ((Proteína no farelo- Proteína do grão)/ Proteína do grão)*100 [18]

Após a incineração das amostras e ressuspensão das cinzas em HCl 2N, foi realizada a quantificação de minerais nos farelos em espectrofotômetro de absorção atômica, para determinação de fósforo (P), enxofre (S) boro (B), cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio (Mo), potássio (K), e zinco (Zn). Os minerais quantificados foram expressos em mg 100 g⁻¹.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com três tratamentos (FPM, FPMd e FPD_a), com dez repetições. As médias das variáveis foram submetidas à análise de variância e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise bromatológica dos farelos de pinhão-manso demonstram diferenças na sua composição conforme o processamento aplicado para detoxificação (Tabela 1).

Tabela 1: Composição bromatológica de farelos de pinhão-manso submetidos à detoxificação.

Composição	FPM		FPM detoxificada		FPM detoxificada e autoclavada	
Massa seca (%)	94,99	± <0,01	95,99	± <0,01	95,99	± 0,01
Umidade (%) ¹	0,06	± <0,01	0,05	± <0,01	0,05	± 0,01
Lipídeos (%)	11,37	± 0,51b	14,45	± 1,79a	14,51	± 1,82a
Cinza (%)	3,76	± 0,43	3,30	± 0,32	3,69	± 0,12
Proteína bruta (%)	38,89	± 4,66	30,54	± 9,89	27,02	± 3,76
Fibra bruta (%)	22,07	± 0,78	27,00	± 1,07	28,22	± 0,74
Carboidrato (%)	41,78	± 0,44c	47,87	± 0,54b	50,53	± 0,56a
Energia bruta (kcal kg ⁻¹)*	5343,08		5701,35		5736,85	
Energia metabolizável (kcal kg ⁻¹)**	3789,38		3972,48		3947,79	

*Energia Bruta = (PBx40)+(EEx80,5)+(ENNx60); **Energia Metabolizável = (PBx3,5)+(EEx8,5)+(ENNx3,5); ¹ analisados com base na massa seca.

Os valores de umidade e massa seca não apresentaram diferenças significativas (Figura 1). Constatou que todas as amostras analisadas apresentaram alta concentração de massa seca e baixa umidade o que demonstra que o produto teve o processamento adequado para sua estocagem por longos períodos. A matéria mineral dos farelos testados apresentou-se dentro da faixa recomendada para produtos destinados a alimentação animal [16].

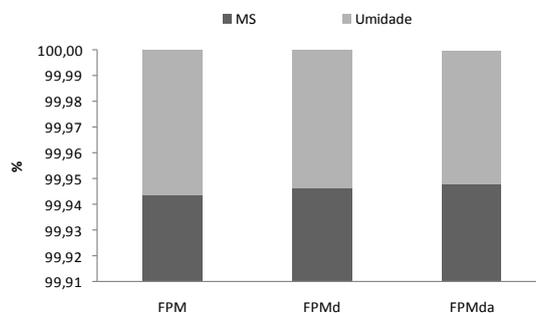


Figura 1: Relação massa seca (MS) e umidade do farelo de pinhão manso submetido à detoxificação. FPM - farelo de pinhão manso, FPMd - farelo de pinhão manso detoxificado e FPMda - farelo de pinhão manso detoxificado e autoclavado.

As fontes energéticas (carboidrato e lipídeos) apresentaram comportamentos semelhantes no qual o tratamento aplicado para detoxificação dos farelos proporcionou incremento nos teores destas fontes. O processo de calor e alta temperatura alteram a constituição e a disponibilidade de diversos produtos [21]. O processo de autoclavagem do farelo de pinhão manso detoxificado contribuiu para o aumento dos teores de carboidratos. O carboidrato é um molécula que pode complexar-se facilmente a molécula de proteína denominada reação de Maillard, condensação da carbonila de um glicídio com um grupamento amino de um aminoácido, [22]. O processo de aquecimento e de hidrólise promovem rompimento destas ligações disponibilizando o carboidrato. Quando o carboidrato (rico em moléculas de amido) é aquecido em presença de pequenas quantidades de água, ocorre o rompimento de seus grânulos [23].

Essas alterações físicas na molécula do amido presente no carboidrato podem ser benéficas [24] aumentando sua digestibilidade. A junção de temperatura e pressão seria um método empregado para obtenção de amidos modificados solúveis em água e com elevada capacidade de retenção de água, em razão da gelatinização e dextrinização que ocorrem durante o processo [25]. Esse fenômeno se deve ao fato que durante a gelatinização, os grânulos de amido absorvem água, exudam parte da amilose e tornam-se mais suscetíveis à degradação enzimática, perdendo a birrefringência [26].

Os teores de proteína bruta e aminoácidos livres apresentaram-se menores nos farelos submetidos ao processo de detoxificação (Figura 3A, B). O uso de alta temperatura e pressão pode ocasionar complexação entre a proteína e carboidratos impedindo sua detecção [27].

O uso de altas temperaturas (130 e 150°C) e pressão (30 a 60 atm), resulta em alterações físico-químicas como redução da partícula do ingrediente, gelatinização do amido e inativação dos fatores anti-nutricionais [28]. Podem também ser formados complexos amilose-lipídeos, desnaturar proteínas e rompem as pontes de hidrogênio [28]. Durante o processo que envolve altas temperaturas e pressão ocorre a gelatinização, cozimento, fricção molecular, esterilização e secagem da matéria prima, reestruturando-a para criar novas texturas e formatos [21].

A desnaturação protéica refere-se a alterações na conformação da molécula, provocando modificações relacionadas à tecnologia de alimentos [29]. A proteína desnaturada é a mais sensível à hidrólise pelas enzimas proteolíticas e em muitos casos aumenta a digestibilidade [31]. No entanto, esse processo só é benéfico para os alimentos quando provoca desnaturação parcial da molécula protéica [32]. Em nosso estudo verificou-se que a desnaturação e degradação foi severa uma vez que os níveis de aminoácidos livres foram decrescentes.

Frente ao cenário de detoxificação do farelo de pinhão-manso, as modificações e as interações ocorridas entre os ingredientes durante o processamento da dieta vão refletir

diretamente no aproveitamento dos nutrientes. Em termos gerais a energia metabolizável (calculada) destes produtos está em $3903,21 \text{ kcal.kg}^{-1}$ e seu aproveitamento são semelhantes (Figura 2). Em um estudo realizado sobre o potencial de utilização do farelo de pinhão-manso na alimentação de ruminantes foi constatado que o produto apresenta características nutricionais adequadas, ressaltando os cuidados deletérios dos fatores tóxicos [5].

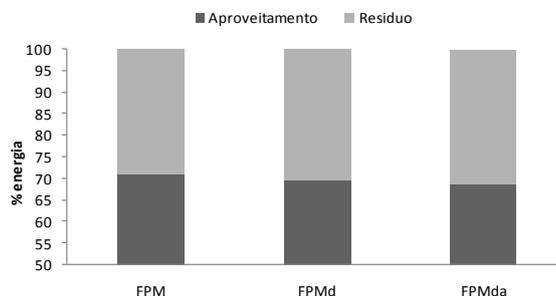


Figura 2: Aproveitamento da fração energética (B) do farelo de pinhão-manso submetido à detoxificação. FPM - farelo de pinhão-manso, FPMd - farelo de pinhão-manso detoxificado e FPMda - farelo de pinhão-manso detoxificado e autoclavado.

O decréscimo do teor de proteína bruta dos farelos detoxificados (Figura 3A) é um fator que deve ser considerado para estudos posteriores de aproveitamento in vivo. Apesar do teor de proteína bruta do farelo de pinhão-manso ser superior a presença de ester de forbol em sua composição inviabiliza sua utilização como alimento. Portanto, essa diminuição pode ser irrisória quando considerar o sistema alimento-animal. O incremento de fibra (Figura 3B) pode ser atribuído a complexação de nutrientes ou até mesmo a biodisponibilidade da fibra. O incremento do teor de fibra no farelo de pinhão-manso foi demonstrado por Souza et al. [16].

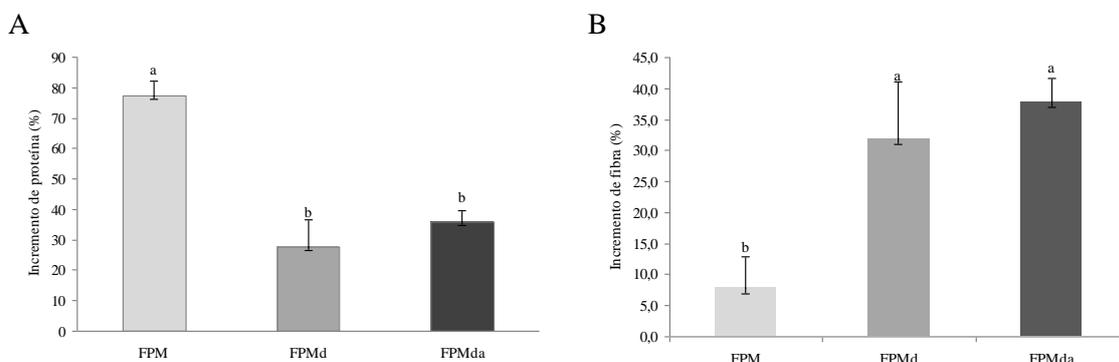


Figura 3: Incremento de proteína (A) e incremento de fibra (B) do farelo de pinhão-manso submetido à detoxificação. FPM - farelo de pinhão-manso, FPMd - farelo de pinhão-manso detoxificado e FPMda - farelo de pinhão-manso detoxificado e autoclavado.

Dentre os minerais avaliados, os mais abundantes foram nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio (Tabela 2). Chivandiet al. [33] relatam que o método de extração do óleo altera o perfil mineral da torta de pinhão-manso. Souza et al. [16] relatam que o perfil de minerais presentes na torta de pinhão-manso subsidiam a utilização das tortas como fontes de nutrientes em rações animais.

Houve queda nos teores de fósforo da torta submetida ao processo de detoxificação, provavelmente, em função de alguma complexação. No entanto, após submeter este produto detoxificado ao processo de autoclavagem houve um aumento no teor de fósforo.

Tabela 2: Composição mineral do farelo de pinhão-manso-FPM, farelo de pinhão-manso detoxificado-FPMd e do farelo de pinhão-manso detoxificado e autoclavado- FPM.

Composição mg 100 g ⁻¹	FPM	FPM detoxificada	FPM detoxificada e autoclavada
N	39,00	33,80	35,70
P	8,30	2,60	6,10
K	1,20	9,50	10,50
Ca	3,30	4,10	4,40
Mg	5,50	4,00	4,60
S	1,90	1,60	1,20
Cu	0,018	0,013	0,014
Fe	0,112	0,070	0,104
Mn	0,021	0,043	0,045
Zn	0,036	0,029	0,029
B	0,029	0,019	0,019

4. CONCLUSÃO

Conclui-se que o processo de detoxificação da torta de pinhão-manso promove aumento nos teores de carboidratos, lipídeos e fibra.

5. AGRADECIMENTOS

A Dra. Simone Mendonça da Embrapa Agroenergia por fornecer os diferentes farelos de pinhão-manso para o estudo.

1. Cândido, M. J. D.; Bomfim, M.A.D.; Severino, L.S.S.; Oliveira, S.Z.R. Utilização de co-produtos da mamona na alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3, 2008, Salvador. Anais do II Congresso de Mamona. Campina Grande: EMBRAPA, 2008.
2. Achten, W.M.J.; Verchot, L.; Franken, Y.J.; Mathijs, E.; Singh, V.P.; Aerts, R.; Muys, B. *Jatropha* bio-diesel production and use. *Biomass and Bioenergy*, Oxford, v.32, n.12, p. 1063-1084, 2008.
3. Laviola, B. G.; Dias, L. A. S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso, *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 32, p. 1969-1975, 2008.
4. Pereira, C. S. S. Avaliação de diferentes tecnologias na extração do óleo do Pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.). Seropédica, 2009. 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Instituto de Tecnologia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
5. 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*, Viçosa, v. 37, supl. Especial, p. 260-268, 2008.
6. Sato, M.; Bueno, O.C.; Esperacini, M. S.; Frigo, E.P. A cultura do pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.): uso para fins combustíveis e descrição agrônômica. *Revista Varia Scientia*, v. 7, n. 13, p. 47-62, 2009.
7. 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, 2007. 50 p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrônômica) Universidade Federal do Ceará.
8. Santos, W. L. C.; França, F. A.; Lopez, L. B.; Silva, G. M. S.; Avelar, K.E.S.; Moraes, S.R. Atividades farmacológicas e toxicologias da *Jatropha curcas* (pinhão-manso). *Revista Brasileira de Farmácia*, v. 89, n. 4, p. 333-336, 2008.
9. Oliveira, F.; Akisue, G. Fundamentos de farmacobotânica. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.
10. Martínez-Herrera, J.; Siddhuraju, P.; Francis, G.; Dávila-Ortiz, G.; Becker, K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provenances of *Jatropha curcas* L. *Food Chemistry*, v. 96, p. 80-89, 2006.
11. Maciel, F. M.; Machado, O. L. T. Avaliação do potencial alergênico de sementes de *Jatropha curcas* L., Pinhão-manso. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE

- BIODIESEL, 2, 2007, Brasília. II Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel: Livro de Resumos. Brasília: MCT/ ABIPTI/ 2007, 2007.
12. Makkar, H. P. S.; Becker, K.; Spore, F.; Wink, M. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, n. 45, p. 3152-3157, 1997.
 13. Menezes, M.F.; Machado, O. L. T. Avaliação do potencial alergênico de sementes de *Jatropha Curcas* L. Pinhão-Manso. In: Congresso Brasileiro de Biodiesel, 2007, Brasília. Anais eletrônico... Brasília. Disponível em: olgauenf@yahoo.com.br <http://www.biodiesel.gov.br/docs/congresso2007/coproduto/4.pdf> Acesso em: 08 set. 2011.
 14. Nascimento, C. A.; Flores-Quintana, C. I.; Menegatti, V.; Silva, C. J.; Honorato, C. A. Histologia de fígado de ratos alimentados com níveis crescentes de pinhão-manso (*Jatropha curcas*). In: Salão de pesquisa docente, III, 1., 2011, Dourados – MS. Anais... Dourados: UNIGRAN, 2011. CD-ROM
 15. Mendonça, S. Torta do pinhão manso detoxificada pode ser opção para ração animal. *Embrapa Agroenergia*, Brasília, 21 out. 2009. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2009/agosto/3a-semana/torta-do-pinhao-manso-detoxificada-pode-ser-opcao-para-racao-animal/>. Acesso em: 24 out. 2009.
 16. Souza, A.D.V.; Fávaro, S.P.; Ítavo, C.V.; Roscoe, R. Caracterização química de sementes e tortas de pinhão-manso, Nabo-forrageiro e crambe. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.44, n.10, p.1328-1335, 2009.
 17. Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). *Official Methods of Analysis*, 17th edn. AOAC, Gaithersburg, MD, USA, 2000.
 18. Honorato, C. A.; Silva, C. J.; Bottega, S. P.; Pimenta, F. B.; Prestes, S. Caracterização bromatológica da semente e da torta de diferentes espécies oleaginosas. In: Congresso da rede brasileira de tecnologia de biodiesel, v. 3., 2009, Brasília, DF. Anais... Brasília, DF: MCT:MBC, 2009.
 19. Carpim, W. G.; Oliveira, M. C. Qualidade nutricional de rações secas para cães adultos comercializadas em Rio Verde – GO. *Biotemas*, v. 22, n. 2, p. 181-186, 2009.
 20. Copley, N.G. Alloxan and ninhydrin test. *Analytics*, v.66, p. 492-493, 1941.
 21. Extrusados, Disponível em <http://www.milly.com.br/estrusados.html>. Acesso em 12 de fevereiro de 2013.
 22. De Maria, C. A.; Moreira, R. F. A.; Trugo, L. C. Componentes voláteis do café torrado: compostos heterocíclicos. *Química nova*, v.22, n.2, 1999.
 23. Farhat, I.A.; Blanshard, J.M.V. - *Carbohydrate Polymers.*, v. 34, p.263, 1997.
 24. Wulansari, R.; Mitchell, J.R.; Blanshard, J.M.V. Starch over on during extrusion as affected by added gelatin. *Journal of Food Science*, v. 64, n. 6, p. 1055-1058, 1999.
 25. Grossmann, M.V.E.; El- Dash, A.A.; Carvalho, J.F. Extrusion cooking effects on hydration properties of maniac starch. *Agriculture Biologics Technology*, v. 31, p. 329-335, 1998.
 26. Rooney, L.W.; Pflugfelder, R.L. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. *Journal of Animal Science*, v. 63, p. 1607-1623, 1986.
 27. Honorato, C. A., Almeida, L. C., Da Silva Nunes, C., Carneiro, D. J., Moraes, G. Effects of processing on physical characteristics of diets with distinct levels of carbohydrates and lipids: the outcomes on the growth of pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Aquaculture Nutrition*, v. 16, n. 1, p. 91-99, 2010.
 28. Cheng, Z. J.; Hardy, R.W. Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture nutrition*, v.9, p.77-83, 2003.
 29. Thakur, S.; Saxena, D.C. Formulation of extruder snack food gum based cereal-pulse blend: optimization of ingredients levels using response surface methodology. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, v. 33, p. 354-361, 2000.
 30. Gomes, M. H.; Aguilera, J. M. A. physicochemical model for extrusion of corn starch. *Journal Food Science*, v.49, p.40-63, 1984.
 31. Araújo, J. M. A. *Química de Alimentos: teoria e prática*. 2. ed. Viçosa: UFV, p.282, 1999.
 32. Leonel, M.; Mischan, M. M.; Pinho, S. Z.; Iatauro, R. A.; Duarte Filho, J. Efeito de parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de produtos de inhame. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 2, p. 459-464, 2006.
 33. Chivandi, E.; Mtimuni, J.P.; Read, J.S.; Makuza, S.M. Effect of processing method on phorbol esters concentration, total phenolics, trypsin inhibitor activity and the proximate composition of the Zimbabwean *Jatropha curcas* provenance: a potential livestock feed. *Pakistan Journal of Biological Science*, v.7, p.1001-1005, 2004.