UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

BERNARDO BERENCHTEIN

Avaliação do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) detoxicado na dieta de suínos

Piracicaba

2012

BERNARDO BERENCHTEIN

Avaliação do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) detoxicado na dieta de suínos

Versão revisada de acordo com a RESOLUÇÃO CoPGr 6018, de 13 de outubro de 2011

Tese apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura

Orientador: Prof. Dr. Adibe Luiz Abdalla

Piracicaba

2012

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Berenchtein, Bernardo
Avaliação do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) detoxicado na dieta de suínos / Bernardo Berenchtein; orientador Adibe Luiz Abdalla. - - Piracicaba, 2012.
97 p.: il.

Tese (Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Análise de alimentos para animal 2. Biodiesel 3. Carcaça 4 Carnes e derivados 5. Digestibilidade 6. Qualidade dos alimentos 7. Toxicidade em animal I. Título

CDU 636.085.3 : 599.731.1

DEDICATÓRIA

Ao grande arquiteto do universo, pai celestial, por iluminar meu caminho e me guiar sempre;

À minha amada mãezinha, Vó Maria Francisca, pelos exemplos de bondade, pelo eterno amor, incentivo, confiança e persistência, permitindo que eu galgasse degraus cada vez maiores;

Ao meu amado "Bob pai", Vô Márcio, pela força inexorável, incentivo, confiança, financiando parte de meus estudos mesmo depois de velho, permitindo sempre, mesmo que aos trancos e barrancos, que eu alcance meu objetivos; e à querida Malu, pela atenção e incentivo à mim e dedicação e amor ao meu pai durante todos esses anos;

Aos meus amados avós, bisos Theda e Nilson... tenham certeza que todas as páginas do maior livro do mundo não seriam suficientes para agradecer e expressar o amor que tenho por vocês e por tudo o que fizeram e fazem por mim, serei eternamente grato à vocês;

Aos meus amados avós Laércio e Nadir *in memorian*, pela infância maravilhosa, por me guiarem ai da estrela onde vocês moram, para que eu chegue cada vez mais longe;

À minha amada irmã e comadre Bibia, por ser tudo o que você é, por todas as ajudas, pelo ombro amigo de sempre... e pelo amor que temos um pelo outro;

Aos meus queridos sogros, vô Zaqueu e vó Edna, por todo amor, carinho, compreensão, confiança e apoio;

Aos meus amados avós de coração Antônio e Nita, pelo carinho, atenção e confiança;

Aos meus queridos e amados tios pela atenção e carinho depositados nestes 12 anos de convivência;

Aos meus cunhados, Vinicius, Alessandra e Renan, pela atenção e carinho;

Aos amigos do Centro Manuel Girão, especialmente o Sr. Helio e Soninha, pela ajuda espiritual mantendo-me equilibrado para seguir o meu caminho...

Aos meus queridos primos, Igor, Ri, Natália, Rafa, Ivan e Marcela pela infância maravilhosa que tivemos juntos;

Com carinho e gratidão,

DEDICO

À minha amada esposa Ana Luisa, pela pessoa maravilhosa que é, pelo amor verdadeiro, por não desistir de mim nunca, dedicação, companheirismo, ensinamentos, pelas inúmeras melhorias que me proporcionou, e pela coisa mais linda que me deu... Te amarei eternamente!!!

À minha amada filha Maria Clara, que cada dia que passa me ensina o que é o amor verdadeiro, independente de qualquer coisa e que tem sempre um sorriso para me animar mesmo no momento mais dificil.

Com todo o meu amor,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura - Universidade de São Paulo e ao laboratório de Nutrição animal, pela oportunidade de realização deste estudo;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao Prof. Dr. Adibe Luiz Abdalla, pelos inumeros ensinamentos, amizade, confiança, lealdade, dedicação e por acreditar em mim sempre;

Ao Prof. Dr. Helder Louvandini, pelos inúmeros ensinamentos e ajuda;

Ao Prof. Dr. José Eurico Cyrino Possebon, Zico, pela amizade e sugestões;

À Prof. Dra. Dorinha Vitti, pela amizade, carinho e ensinamentos;

Ao Prof. Dr. Valdomiro Shigueru Miyada, pelos ensinamentos, colaboração e por permitir que eu continuasse na equipe de trabalho;

Ao Prof. Dr. José F. M. Menten, pelos ensinamentos, amizade e sugestões;

Aos amigos e irmãos Patricia Pimentel dos Santos e Marcos Vinicius Righeto, pela grande amizade, viagens, cafézinhos e grande ajuda na realização deste estudo;

Aos amigos e irmãos Patricia Barboza de Godoy Schiavinatto e Cassiano Schiavinatto, pelas rizadas, cafézinhos, momentos de tristeza e alegria, além da grande ajuda na realização deste estudo;

Ao Ronaldo Carlos Lucas, por ter me dado meu grande companheiro canino...Elvis;

Ao amigo Tiago do Prado Paim, pelas ajudas de imediato e pela amizade recente, porém sincera;

Aos meus amigos verdadeiros e fiéis escudeiros Adibinho e Charles, pelas ajudas inestimáveis de sempre;

Aos amigos do LANA, Edvânia, Alessandra, Fernanda, Juliano, Ingrid, Vitor, Rodolfo e outros que vem e que vão, mas não deixam de ser importantes...

Aos amigos do departamento de Zootecnia Não ruminantes, por sempre me inserirem nas suas pesquisas;

Aos funcionários e amigos do LANA, Joaquim Everaldo dos Santos, Lécio Aparecido Castilho e Maria Regina Rodeiro dos Santos Peçanha pela colaboração nos experimentos;

Aos funcionários e amigos da pós-graduação Neuda, Sônia, Fábio e Daiane;

Ao amigo José Aparecido Moreira, pela inestimável ajuda e sugestões;

À minha querida Tatá, que dedicou vários anos da vida à mim e à minha família, diariamente, com muito carinho e atenção;

Aos amigos Antônio Roberto de Godoi e José Eduardo de Paula, pela ajuda e sugestões;

À todos que de maneira direta ou indireta contribuíram para a realização desse trabalho muito importante em minha vida, MUITO OBRIGADO!

RESUMO

BERENCHTEIN, B. **Avaliação do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) detoxicado na dieta de suínos.** 2012. 97 f. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

Objetivou-se com este estudo avaliar a utilização do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) detoxicado (FPMD) na dieta de suínos em terminação. Inicialmente foi realizado um ensaio biológico com ratos Wistar. Não foram observados efeitos da adição do FPMD sobre o desempenho, pesos relativos do fígado, rins, coração, intestino grosso, comprimento do intestino delgado, bem como nas análises sanguíneas dos animais. No entanto, foi observada redução significativa na digestibilidade das dietas em resposta à adição do FPMD, além do aumento linear no peso relativo do intestino (intestino grosso + intestino delgado) e do intestino delgado. Em um segundo ensaio, foram avaliados os conteúdos de ésteres de forbol (EF), fenóis totais (FT), taninos totais (TT), taninos condensados (TC), saponinas (SPN), perfil de aminoácidos, a digestibilidade aparente do FPMD para suínos na fase de terminação, além do biogás e do metano à partir dos dejetos dos suínos alimentados com a dieta basal e com a dieta basal acrescida de 8% de FPMD. Os conteúdos de EF, FT, TT, TC e SPN observados, foram, respectivamente, 0,06 mg/g, 26,08 e 10,43 equivalente grama de ácido tânico, 0,05 equivalente grama de leucocianidina e 0,005%. Foram obtidos valores de 83,8% de matéria seca digestível aparente, 3,500 kcal/kg de energia digestível aparente, 13,5% de proteína digestível aparente, 1,5% de fibra digestível aparente e 2,3 % de extrato etéreo digestível aparente. A utilização do FPMD não afetou significativamente a geração de biogás e metano à partir dos dejetos dos suínos. Posteriormente, foram avaliados os efeitos da inclusão de níveis (2, 4, 6, 8%) de FPMD na dieta de suínos na fase de terminação sobre os parâmetros de desempenho, características de carcaça, qualidade da carne e toxicidade. A inclusão do FPMD apresentou resposta quadrática negativa no peso final, ganho diário de peso e consumo diário de ração. No entanto, não foi observada diferença significativa quando comparados os resultados do tratamento controle e a inclusão de 2% de FPMD, havendo apenas redução no consumo diário de ração. A inclusão de FPMD acarretou respostas lineares negativas para o rendimento de carcaça quente e espessura média de toicinho, além de resposta quadrática negativa no comprimento de carcaça, não havendo diferença significativa quando comparados o tratamento controle e a inclusão de 2% de FPMD. Em relação à qualidade da carne, não houve efeito significativo obre as variáveis. Nas enzimas transaminases hepáticas, a alanina aminotransferase não foi alterada, no entanto, a inclusão deste co-produto ocasionou resposta quadrática negativa nos valores de aspartato aminotransferase. A emissão de metano entérico de suínos na fase de terminação, alimentados com dietas com a inclusão de 2% de FPMD também foi avaliada, observando-se redução na emissão pelos suínos. Com os resultados, conclui-se que, embora a inclusão do FPMD tenha acarretado alguns aspectos deletérios, de modo geral, o farelo de pinhão manso detoxicado pode ser incluído em até 2% nas dietas de suínos em terminação.

Palavras-chave: Biogás. Características de carcaça. Desempenho. Digestibilidade. Qualidade da carne. Metano entérico.

ABSTRACT

BERENCHTEIN, B. **Evaluation of detoxicated *Jatropha curcas* meal in finishing pig diets** 2012. 97 f. Thesis (Doctoral) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

The pourpose of this study was assess the inclusion of detoxicated Jatropha meal (*Jatropha curcas* L.) in the diet of finishing pigs. Initially it was used in a biological assay with Wistar rats. The analysis of variance did not detect effect of the addition of DJCM over the performance variables, being, however, observed a significant reduction (P<0.05) on digestibility of diets in response to the addition of the DJCM. The relative weights of liver, kidneys, heart, intestine and length of the small intestine of the animals fed with the different treatments did not differ significantly with the inclusion of DJCM. For the relative weight of the total gut (intestines plus small intestine) and the small intestine it self, a linear increase was observed due to the increased level of inclusion of DJCM in the diet. The analysis of variance also did not detect effect of the addition of DJCM on blood variables, as well as in the hepatic enzymes. In a second trial, there were investigated the contents of forbol esters (FE), total phenolics (TP), total tannins (TT), condensed tannins (CT) saponins (SPN), amino acid profile, and apparent digestibility of DJCM for finishing pigs, as well as the biogas and methane generated from the waste of pigs fed the basal diet (BD) and BD plus 8% of DJCM (DB8). The contents of FE, TP, TT, CT and SPN observed were, respectively, 0.06 mg/g, 26.08 and 10.43 gram equivalent of tannic acid, 0.05 gram equivalent of leucocianidin and 0.005%. As for the apparent digestibility results obtained, it was found values of 83.8%, 3.500 kcal/kg, 13.5%, 1.5% and 2.3% respectively for apparent digestible of dry matter, energy, protein, fiber and ethereal extract. In relation to the production of biogas and methane generated from the waste products from pigs, it can be concluded that the use of DJCM did not affect significantly the production of these gases in experimental. Subsequently, it was then evaluated the effects of levels (2, 4, 6, 8%) of DJCM at the diet of finishing pigs upon the performance parameters, carcass characteristics, meat quality and toxicity of DJCM. The inclusion of DJCM presented negative quadratic responses for the final weight; daily weight gain and daily consumption of ration. Although there has been a reduction in performance depending on the inclusion of DJCM, it is important to note that when comparing treatment outcomes of control (0%) and the addition of 2% of DJCM, it was not observed significant difference for the variables final weight, daily weight gain, feed conversion and only significant reduction in the daily ration consumption. The inclusion of DJCM showed negative linear responses for warm carcass yield, average thickness of fat and loin eye area. It was found negative quadratic responses for the length of the carcass. After the specific contrast analysis comparing the control treatment (0%) and the addition of 2% of DJCM in diet, not significant difference was observed between treatments. In relation to the quality of the meat, there was no significant effec. For the liver enzymes evaluation, ALT has not changed with the inclusion of DJCM, however, for AST, the inclusion of co-product caused negative quadratic responses. For concluding the work, it was evaluated the enteric methane emission by finishing pigs fed with diets with the addition of 2% of DJCM. The inclusion of

this co-product reduced significantly the enteric methane emissions by pigs. With the results obtained in this work, it can be concluded that, although the inclusion of DJCM may promote some deleterious aspects, in general, the DJCM may be included up to 2% in finishing pig diets.

Key-word: Biogas. Carcass caracteristics. Digestibility. Enteric methane. Meat quality. Performance.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL 19

2 REVISÃO DE LITERATURA 21

2.1 O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e sua importância na produção do biodiesel 21

2.2 Moléculas bioativas encontradas no farelo de pinhão manso 24

2.2.1 Ésteres de forbol 24

2.2.2 Curcina 25

2.2.3 Inibidores de proteases 26

2.2.4 Saponinas 27

2.2.5 Fitatos 28

2.2.6 Taninos 28

2.3 Utilização do farelo de pinhão manso na alimentação animal 29

3. AVALIAÇÃO DO FARELO DE PINHÃO MANSO (*JATROPHA CURCAS* L.) DETOXICADO COMO INGREDIENTE DE RAÇÃO PARA RATOS WISTAR

Resumo 37

Abstract 38

3 .1 INTRODUÇÃO 39

3.2 MATERIAL E MÉTODOS 40

3.2.1 *Animais e dietas experimentais* 40

3.2.2 *Desempenho, digestibilidade, biometria de órgãos e análises sanguíneas* 41

3.2.3 *Delineamento Experimental e Análises Estatísticas* 42

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 42

3.3.1 *Desempenho e digestibilidade* 42

3.3.2 *Biometria de órgãos* 44

3.3.3 *Análises Sangüíneas* 45

3.4 CONCLUSÕES 47

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47

4. AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO FARELO DE PINHÃO MANSO (*JATROPHA CURCAS* L.) DETOXICADO PARA SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E METANO À PARTIR OS DEJETOS

Resumo 51
Abstract 52
4.1 INTRODUÇÃO 53
4.2 MATERIAL E MÉTODOS 54
4.2.1 *Análises químicas* 54
4.2.2 *Digestibilidade Aparente* 54
4.2.3 *Produção de biogás e metano pelos dejetos dos suínos* 57
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 58
4.3.1 *Análises químicas* 58
4.3.2 *Digestibilidade Aparente* 61
4.3.3 *Produção de biogás e metano pelos dejetos dos suínos* 63
4.4 CONCLUSÕES 65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 65

5. FARELO DE PINHÃO MANSO (*JATROPHA CURCAS* L.) DETOXICADO NA DIETA DE SUÍNOS EM FASE DE TERMINAÇÃO

Resumo 71
Abstract 73
5.1 INTRODUÇÃO 74
5.2 MATERIAL E MÉTODOS 75
5.2.1 *Instalações experimentais e animais* 75
5.2.2 *Tratamentos* 75
5.2.3 *Experimento de Desempenho* 76
5.2.4 *Características de carcaça* 77
5.2.5 *Qualidade da carne* 77
5.2.5.1 *Cor Instrumental* 77
5.2.5.2 *pH* 77
5.2.5.3 *Perda de água por gotejamento (Drip Loss)* 78
5.2.6 *Análises das enzimas transaminases hepáticas* 78
5.2.7 *Delineamento experimental e análise dos dados* 78

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 79
5.3.1 *Desempenho* 79
5.3.2 *Características de carcaça* 81
5.3.3 *Qualidade da carne* 82
5.3.4 *Análises das enzimas transaminases hepáticas* 83
5.4 CONCLUSÕES 85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 85

6. EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO POR SUÍNOS EM TERMINAÇÃO ALIMENTADOS COM FARELO DE PINHÃO MANSO DETOXICADO NA DIETA

Resumo 87
Abstract 88
6.1 INTRODUÇÃO 89
6.2 MATERIAL E MÉTODOS 90
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 93
6.4 CONCLUSÕES 94
6.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 95

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS 96

1 INTRODUÇÃO GERAL

A suinocultura brasileira, a exemplo de outras cadeias produtivas do agronegócio, cresceu significativamente nos últimos anos. Esse crescimento é notado quando são analisados os vários indicadores econômicos e sociais, como volume de produção, participação no mercado mundial, número de empregos diretos e indiretos, entre outros.

Neste contexto, nos últimos anos, as pesquisas envolvendo a utilização de alimentos alternativos com menor custo de produção vêm aumentando; estas pesquisas envolvem o estudo de subprodutos e resíduos, resultados de processos industriais de produtos agrícolas e de práticas modernas de mecanização agrícola (GOMES, 1996).

O Brasil conta com a maior área potencialmente agricultável do mundo, possuindo quase duzentas espécies de plantas oleaginosas e palmáceas aptas para produção de óleo para biodiesel, com destaque para soja, amendoim, girassol, gergelim, nabo-forrageiro, mamona, dendê, macaúba e pinhão-manso entre outras (BELTRÃO, 2006).

O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é considerado promissor por seu elevado teor de óleo (25 a 40%), superior ao das demais oleaginosas utilizadas no mercado de biocombustíveis (ARRUDA et al., 2004).

A produção do biodiesel gera alguns subprodutos, que devem ser foco de análises mais detalhadas, pois podem ser fator determinante para a viabilidade econômica da produção desse combustível. Entre os principais pode-se citar a glicerina, lecitina, a torta e o farelo da oleaginosa utilizada no processo de fabricação do biodiesel. Entretanto, praticamente inexistem estudos acerca do aproveitamento desses subprodutos como elementos de viabilização da cadeia produtiva (NEIVA JÚNIOR et al., 2007).

A utilização da torta e do farelo do pinhão manso na alimentação animal apresenta desvantagens em relação à outras oleaginosas devido à presença de compostos bioativos (fitatos e inibidores de tripsina) e compostos tóxicos (curcina e ésteres de forbol) (MAKKAR et al., 1997; MARTINEZ-HERRERA et al., 2006). Portanto, podem ser utilizados na alimentação animal desde que tratamentos adequados sejam realizados para a redução ou eliminação destes compostos (NEIVA JÚNIOR, 2007).

Portanto, este trabalho tem como objetivo inicial comprovar a detoxicação do farelo de pinhão manso detoxicado através de ensaio biológico com ratos, determinar a digestibilidade aparente dos nutrientes, determinar os efeitos da inclusão de até 8% na

dieta de suínos em terminação sobre o desempenho, características de carcaça, qualidade da carne, bem como avaliar a emissão de metano entérico, além da produção de biogás e metano pelos dejetos dos animais alimentados com o farelo de pinhão manso detoxicado na dieta.

Os resultados são apresentados na forma de capítulos. No primeiro capítulo é apresentada uma revisão de literatura sobre o pinhão manso e a utilização na dieta dos animais. O segundo capítulo refere-se à avaliação do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) detoxicado como ingrediente na alimentação animal através de ensaio biológico com ratos Wistar. No capítulo três é descrito o ensaio referente à avaliação nutricional, digestibilidade aparente do farelo de pinhão manso detoxicado para suínos na fase de terminação, bem como a produção de metano e biogás à partir dos dejetos dos animais. O quarto capítulo refere-se ao estudo dos efeitos da adição de níveis crescentes de farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de suínos na fase de terminação nos parâmetros de desempenho, características de carcaça, qualidade de carne e análise das enzimas transaminases hepáticas. O quinto capítulo refere-se à quantificação da emissão de metano entérico por suínos na fase de terminação, alimentados com farelo de pinhão manso detoxicado na dieta. Finalizando, são apresentadas as considerações finais.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 O pinhão manso (Jatropha curcas L.) e sua importância para a produção do biodiesel

A energia tornou-se, no cenário atual, um fator fundamental para o desenvolvimento dos países, haja vista a dependência no emprego de tecnologias promotoras do desenvolvimento socioeconômico local. Entretanto, do total da energia consumida em todo o mundo, cerca de 90% provém de fonte fóssil, sendo esta esgotável. Com isso, vislumbra-se cada vez mais a necessidade de pesquisas visando desenvolver novas fontes alternativas de energia, tal como o biodiesel, como forma de ampliar e diversificar a oferta energética, de modo ambientalmente sustentável (SOUSA et al., 2006).

Óleos vegetais provenientes de diversas oleaginosas têm sido testados com sucesso na produção de biodiesel. O pinhão manso pode ser considerado um dos mais promissores, pois as amêndoas podem gerar de 50 a 52% de óleo depois de extraído com solventes e 32 a 35% em caso de extração por pressão. As sementes de pinhão manso sofrem o mesmo tratamento industrial que as bagas de mamona, isto é, cozimento prévio e esmagamento subseqüente em prensas tipo “expeller”, ou por ação de solventes e moagem fina, para extração do óleo, que em seguida, é filtrado, centrifugado e clarificado, resultando um produto livre de impurezas, este óleo passa por um processo de transesterificação, que é a reação química do óleo com um álcool, formando ésteres (biodiesel) e glicerina (MA et al., 1999).

Após a extração do óleo da semente por processo de prensagem mecânica (expeller), gera-se um subproduto, a torta de pinhão manso, com maior teor de óleo em sua composição, rica em N, P, K e matéria orgânica, sendo empregada como fertilizante e tendo efeito nematicida. Quando a retirada do óleo é feita pela ação de solventes (hexano), gera-se então o farelo de pinhão manso, com reduzido teor de óleo, o qual, assim como a torta, pode ser utilizado como ingrediente de rações para animais quando detoxicado, à semelhança da torta de mamona, contendo cerca de 60% de proteína (DIAS et al., 2007).

Pertencente à família *Euphorbiaceae* que compreende aproximadamente oito mil espécies e cerca de trezentos e vinte gêneros, o gênero *Jatropha* possui cerca de cento e setenta espécies de plantas herbáceas e arbustivas, das quais, várias apresentam valor medicinal, ornamental e econômico (HELLER, 1996; NUNES, 2007).

A planta do pinhão-manso é um arbusto ou árvore com até quatro metros de altura, flores pequenas, amarelo-esverdeadas, unissexuadas ou ainda, ocasionalmente hermafroditas (HELLER, 1996). Seu fruto é uma cápsula com três sementes escuras, lisas, de 2,5 a 4,0 cm de comprimento, 1,5 a 3,0 cm de diâmetro e dentro das quais se encontra a amêndoa branca, tenra e rica em óleo (SBRT, 2006; NUNES, 2007). A semente, quando seca possui cerca de 1,5 ± 2,0 cm de comprimento por 1,0 ± 1,5cm de largura. É composta por 33,5 a 66% de casca e de 55 a 66,5% de amêndoa dependendo da variedade, condições ecológicas e tratos culturais (NUNES, 2007). A produção anual de sementes está entre 100 a 8000 quilos por hectare, variando o pico de produção de acordo com as oscilações de chuva e fertilidade do solo. As partes importantes estão demonstradas na Figura 2.1.

O pinhão manso está sendo considerado uma opção agrícola para a região do semi-árido nordestino do Brasil, principalmente por ser uma espécie nativa, exigente em insolação e com forte resistência a seca. Atualmente, essa espécie não é explorada comercialmente em grande escala no Brasil, no entanto, segundo Carnielli (2003) é uma planta oleaginosa viável para a obtenção do biodiesel, pois produz, no mínimo, duas toneladas de óleo por hectare, levando de três a quatro anos para atingir a idade produtiva, que pode se estender por 40 anos. Com a possibilidade do uso do óleo do pinhão manso para a produção do biodiesel, abrem-se amplas perspectivas para o crescimento das áreas de plantio com esta cultura no semi-árido nordestino e em todo o país. É ainda encontrado em quase todas as regiões intertropicais, estendendo sua ocorrência à América Central, Índia, Filipinas e Timor, até mesmo às zonas temperadas, em menor proporção.

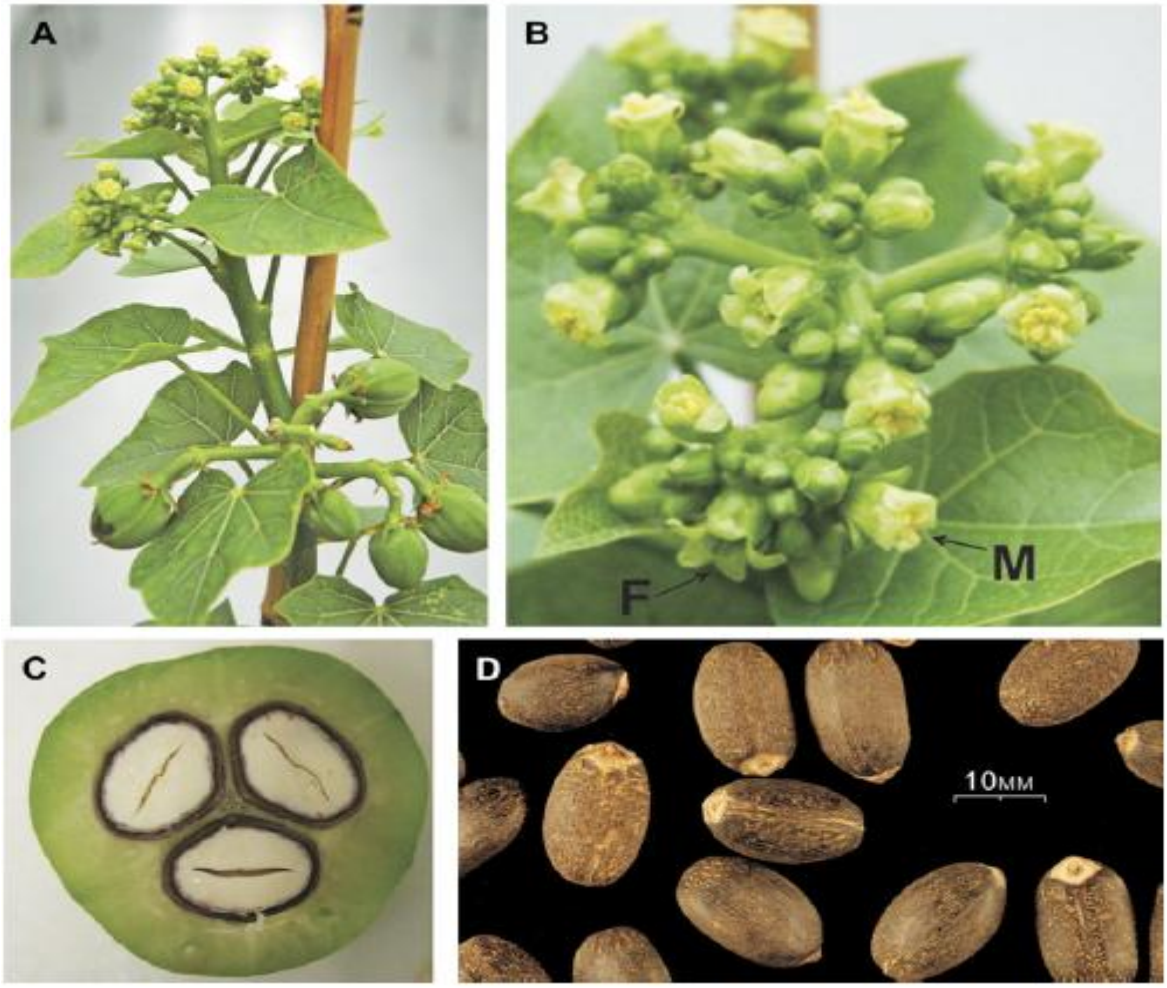

Figura 2.1 – Fotos da cultura do pinhão manso, A: planta jovem com flores e sementes em desenvolvimento; B: Inflorescência contendo flores masculinas (M) e femininas (F); C: Secção transversal da semente do pinhão manso contendo três albumens; D: Sementes maduras do pinhão manso (Fonte: HAAS et al., 2002)

Diante desta extensa distribuição, é conhecida como *physic nut*, em países da língua inglesa, *pignon d´Inde* na França, *kadan* no Nepal, *piñoncillo* no México, e no Brasil, é popularmente conhecido, dependendo dos costumes regionais como *pinhão manso*, *purgueira*, *pinhão-de-cena*, *pinhão-de-inferno*, *figo-do-inferno*, *pinhão-das-barbadas* (SBRT, 2006; NUNES, 2007). Ocorre praticamente em todas as regiões do Brasil, sempre de forma dispersa adaptando-se em condições edafoclimáticas variáveis, propagando-se, sobretudo nos estados do Nordeste, Goiás e em Minas Gerais (SBRT, 2005).

2.2 Moléculas bioativas encontradas no farelo de pinhão manso

A toxicidade do pinhão manso é atribuída principalmente à presença de dois componentes nas sementes, uma proteína inativadora de ribossomos (curcina) e a ésteres diterpenos ou ésteres de forbol.

Além dos ésteres de forbol e da curcina, as sementes do pinhão manso também apresentam outras moléculas bioativas, tais como os inibidores de proteases, saponinas, fitatos e taninos.

2.2.1 Ésteres de forbol

Os ésteres de forbol são um grupo de substâncias tóxicas encontradas nas sementes do pinhão manso que agem como co-carcinogênicos, causando efeito celular e bioquímico adverso aos animais. Segundo Goel et al. (2007), os ésteres de forbol imitam a ação do diacilglicerol (DAG), inativador da proteína quinase C, a qual regula diferentes sinais de vias de tradução e outras atividades metabólicas, ocorrendo naturalmente em muitas plantas da família *Euforbiaceae* e *Timelaeaceae* (GANDHI et al., 1995). A atividade biológica dos ésteres de forbol é altamente específico-estrutural. São encontrados em baixíssimas concentrações, porém, animais que receberam essas substâncias na dieta, manifestaram sinais de intoxicação (GOEL et al., 2007).

Efeitos purgativos, irritação da pele e promoção de tumores são as principais causas relatadas pela ingestão do pinhão manso por animais (MAKKAR et al., 1997), o que limita o uso na alimentação animal, no entanto, vários tratamentos físicos e químicos vem sendo estudados para a extração ou inativação das moléculas bioativas responsáveis por estes sintomas (GOEL et al., 2007).

A toxicidade do óleo de pinhão manso foi relatada em ratos, camundongos e coelhos tanto pela aplicação oral quanto tópica por Ghandi et al. (2005). Os animais das diferentes espécies apresentaram diarréia, hemorragia ocular, inflamação do trato gastrintestinal, eritema, inchaço da face, olhos hemorrágicos e, em alguns casos, morte dos animais. Os autores afirmam que os efeitos tóxicos foram relacionados com a presença dos ésteres de forbol. Mesmo aplicando diferentes tratamentos para a detoxicação do farelo de pinhão manso, Rakshit et al. (2008) comprovaram que embora em baixa concentração, a presença dos ésteres de forbol na dieta, para ratos, é capaz de induzir redução no peso vivo. A concentração de 2,08 mg/g de ésteres de forbol na dieta,

resultou em efeitos adversos significativos no consumo e na taxa de crescimento de ratos. As estruturas moleculares dos ésteres de forbol são apresentadas na Figura 2.2.

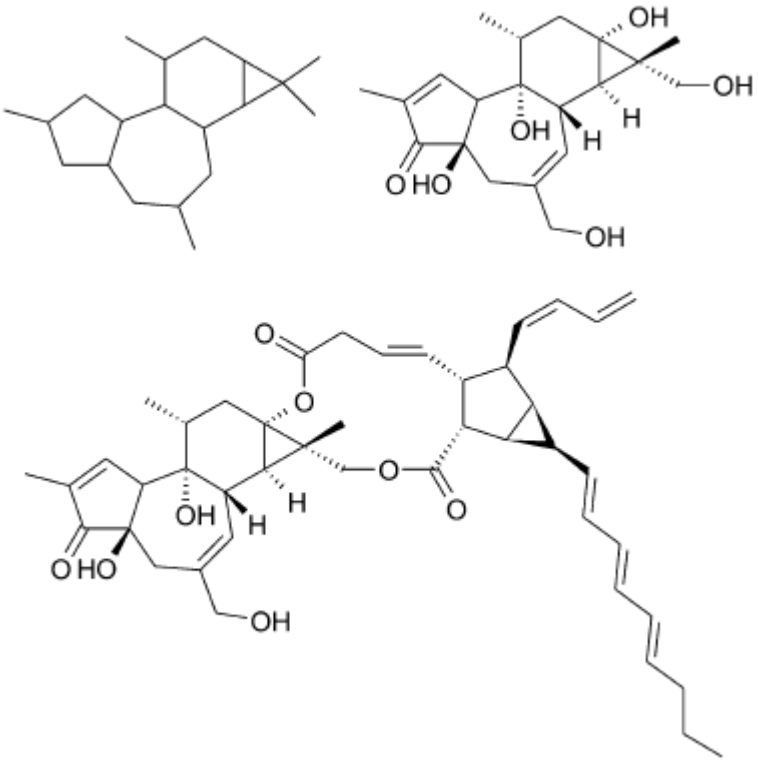

Figura 2.2 – Estruturas moleculares dos ésteres de forbol presentes no pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) (Fonte: HAAS et al., 2002)

2.2.2 Curcina

A curcina é similar à ricina, uma proteína tóxica isolada de sementes de mamona (*Ricinus communis*), que apresenta duas cadeias polipeptídicas, uma com função de lectina e outra capaz de inibir a síntese protéica (STIRPE et al., 1976). Aregheore et al. (1998) compararam à atividade da lectina para variedades tóxicas e não tóxicas de *J. curcas* e observaram que o efeito da lectina é similar para ambas às variedades. Ghandhi et al. (1995) avaliando a toxicidade aguda em ratos, observaram diarréia, hemorragia nos olhos dos animais e inflamação do trato gastrintestinal.

Pertencente ao grupo das lectinas, ou seja, proteínas não pertencentes ao sistema imunológico, porém capazes de reconhecer sítios específicos em moléculas e ligar-se reversivelmente a carboidratos, sem alterar a estrutura covalente das ligações glicosídicas dos sítios (ETZLER, 1985).

A nomenclatura das lectinas é originada da denominação científica das espécies em que são purificadas de acordo com o protocolo de purificação, pela

designação dos monossacarídeos aos quais têm especificidade ou ainda pela designação do tecido ao qual foram extraídas (KENNEDY et al., 1995), sendo, portanto, a lectina do pinhão manso (*Jatropha curcas)* conhecida como curcina.

Embora muitas lectinas reconheçam e se liguem a açúcares simples tais como glicose, manose e galactose, a afinidade é muito maior para com os constituintes de glicoproteínas, contendo cadeias de glicanos, encontrados em animais e seres humanos (NICOLSON, 1974; PEUMANS; VAN DAMME, 1996).

Sinais clínicos como inflamação intensa com destruição das células do epitélio, edema, hiperemia, hemorragia em tecidos linfáticos, degeneração gordurosa e necrose do fígado, além de lesões do miocárdio e sistema vascular são encontrados quando essa substância é ingerida (SILVA; SILVA, 2000). Entretanto, deve-se enfatizar que nem todas as lectinas são necessariamente tóxicas ou possuem efeito inibitório sobre o crescimento de animais (LIENER, 1974).

A inativação total de lectinas em farinhas extraídas de sementes de pinhão manso foi observada por Aregheore et al. (1998) quando as mesmas foram submetidas a tratamento térmico com aquecimento úmido (66% de umidade, 121°C/ 30 minutos) e ainda a manutenção da atividade de lectinas com aquecimento seco (130 e 160°C por 20, 40 e 60 minutos) em variedades tóxicas e não tóxicas de pinhão manso. Isso demonstra, portanto, que a maior parte das substâncias tóxicas é inativada ou inibida quando utilizado tratamento térmico adequado (MAKKAR; BECKER, 1999; SILVA; SILVA, 2000).

A especificidade das lectinas com relação a diferentes carboidratos possibilita a sua utilização em pesquisas na área biológica e médica tais como: investigação da superfície de células, caracterização de eritrócitos, como agentes mitogênicos, caracterização de estádios de desenvolvimento de microorganismos diversos, purificação de glicoproteínas, morfologia de neurônios e identificação de conexões neurais no sistema nervoso central (KENNEDY et al., 1995), ampliando a gama de possibilidades de uso da cultura do pinhão manso.

2.2.3 Inibidores de proteases

Os inibidores de proteases são proteínas de ampla distribuição no reino vegetal, capazes de inibir as atividades da tripsina, quimotripsina, amilase e carboxipeptidase (BENDER, 1987; XAVIER-FILHO; CAMPOS, 1989). As pesquisas de inibidores de proteases foram centradas, principalmente, nos inibidores de tripsina

encontrados nas sementes de leguminosas, mais especificamente na soja, os quais foram supostamente responsabilizados pelo baixo valor nutritivo de leguminosas cruas (XAVER FILHO; CAMPOS, 1989)

De acordo com Proll et al. (1998) as leguminosas de maneira geral podem conter fatores antinutricionais e outras substâncias nocivas à saúde, desta forma, grãos não convencionais com potencial de uso na alimentação animal e humana devem ser testados antes de serem utilizados.

O mecanismo de ação dos inibidores de proteases inicia-se na digestão de proteínas, onde estes agem desativando a ação da enzima protease no quimo e, pelo mecanismo de *feedback* negativo, o pâncreas é estimulado a produzir e liberar mais enzimas no intestino, porém, o inibidor de tripsina continua bloqueando a ação desta enzima estimulando o pâncreas a liberar mais enzimas, causando sua hiperatividade (SILVA; SILVA, 2000).

2.2.4 Saponinas

As saponinas são glicosídeos de esteróides ou de terpenos policíclicos. Esse tipo de estrutura, que possui uma parte com característica lipofílica (triterpeno ou esteróide) e outra parte hidrofílica (açúcares), determina a propriedade de redução da tensão superficial da água e suas ações detergentes e emulsificantes (SCHENKEL et al., 2007). Estão presentes em grande parte dos ingredientes alternativos para dietas de animais. Caracterizam-se pelo sabor amargo, capacidade de formar espuma em soluções aquosas, provocar hemólise e, ainda, de se complexarem em esteróides (FRANCIS et al., 2001a).

As saponinas podem ser classificadas de acordo com o núcleo fundamental da aglicona ou, ainda, pelo seu caráter ácido, básico ou neutro. Assim, denominam-se saponinas esteroidais e triterpênicas. Nas plantas, ocorrem em partes diferentes tais como: raiz, tubérculo, casca, folhas, sementes, e frutos. São substâncias derivadas do metabolismo secundários das plantas, relacionados com o sistema de defesa. São encontradas nos tecidos que são mais vulneráveis ao ataque fúngico, bacteriano ou predatório dos insetos (WINA et al., 2005), possuem ainda ação antimicrobiana, prevenindo o crescimento de fungos, podendo ser consideradas uma parte do sistema da defesa das plantas e indicadas como “fitoprotetoras” (PIZARRO, 1999). Seus efeitos antinutricionais aos animais estão relacionados às modificações na permeabilidade da

mucosa intestinal, onde inibem o transporte de alguns nutrientes e facilitam absorção de outros compostos.

No entanto, por apresentarem efeitos antimicrobianos, as saponinas foram alvo de pesquisas por nutricionistas em dietas para animais. Segundo Hostettmann et al. (1996) certas plantas de deserto são especialmente ricas em saponinas, tais como a *Yucca schidigera*, nativa dos desertos dos Estados Unidos e do México e a *Quillaja saponaria*, nativa de zonas áridas do Chile. Os principais benefícios são a diminuição do odor das excretas, redução da prevalência de artrite e melhora de desempenho dos animais (CHEEKE, 1996). Segundo Sem et al. (1998) outra ação das saponinas é a inibição do crescimento in vitro de *Escherichia coli*. No caso específico de suínos, as saponinas reduzem a mortalidade pré e pós natal e melhoram as respostas imunológicas dos leitões quando fornecidas na dieta de porcas gestantes e lactantes (ILSLEY et al., 2005 apud HAUPTLI; LOVATTO, 2006).

2.2.5 Fitato

O fitato é um composto constituído com o grupo ortofosfato que é altamente ionizado e complexa com alguns cátions (Ca, Mg, Mn, Cu, etc). Devido a ocorrência deste fator antinutricional, para os animais não-ruminantes, nos cereais e farelos de oleaginosas como a soja, o algodão, a colza, bem como o farelo de pinhão manso, torna-se necessária a suplementação de fósforo através de uma fonte inorgânica, que geralmente está presente nas dietas em quantidades um pouco acima da exigência do animal com o objetivo de se ter uma margem de segurança em relação à este elemento na dieta (LUDKE et al., 2002).

A literatura mostra alguns métodos de remoção do fitato dos alimentos, tais como processos mecânicos, autoclave, diálise e diferencial de solubilidade (CHERYAN, 1980). No entanto, através de diversos estudos, comprovou-se a eficiência da hidrólise do fitato por ação enzimática, mais especificamente pela fitase.

2.2.6 Taninos

Os taninos podem afetar negativamente a ingestão de alimentos pelo animal, a digestibilidade deste alimento e a eficiência da produção. Estes efeitos dependem muito

da quantidade, do tipo de tanino ingerido e da categoria dos animais, refletindo na tolerância aos mesmos.

A ingestão de alimentos pelos animais é diretamente reduzida por causa do gosto adstringente do tanino. Essa adstringência é causada pela formação dos complexos entre os taninos e as glicoproteínas salivares (CANNAS, 1999).

Os efeitos dos taninos são mais proeminentes nos animais não ruminantes e os teores acima de 1% de taninos condensados na dieta destes animais podem trazer prejuízos para produção, afetando principalmente o consumo e a digestibilidade da proteína e dos aminoácidos essenciais (McDONALD et al., 1995). Os efeitos adversos dos taninos incluem: redução no consumo e na digestibilidade; inibição de enzimas digestivas; perda de proteínas endógenas e efeitos sistêmicos como resultados de produtos degradados de taninos hidrolisáveis no trato gastrointestinal (GETACHEW; MAKKAR; BECKER, 2000a). Podem reduzir a ingestão por diminuição da aceitabilidade e por afetar negativamente a digestão.

2.3 Utilização do farelo de pinhão manso na alimentação animal

Após a extração do óleo da semente por processo de prensagem mecânica (expeller), gera-se um subproduto, a torta de pinhão manso, com maior teor de óleo em sua composição, rica em N, P, K e matéria orgânica, sendo empregada como fertilizante e tendo efeito nematicida. Quando a retirada do óleo é feita pela ação de solventes (hexano), gera-se então o farelo de pinhão manso, com reduzido teor de óleo, o qual, assim como a torta, pode ser utilizado como ingrediente de rações para animais após processo de detoxicação (DIAS et al., 2007).

Alguns estudos já foram realizados com o intuito de avaliar a toxidez do pinhão manso para animais, além de estudos visando comprovar a eficácia de diferentes processos de detoxicação.

Em estudo avaliando a toxidez, Makkar et al. (1997) quantificaram os fatores antinutricionais das sementes de variedades da planta provinda de diversos países. Foram observados valores de inibidor de tripsina variando entre 18 a 27 mg de tripsina inibida por grama de matéria seca.

Já a curcina apresentou valores bastante oscilantes entre 0,85 a 6,85 de atividade hemaglutinante. O porcentual de saponina e de fitato variou entre 1,8 a 3,4% e de 6 a 10%, respectivamente. Nas sementes de pinhão manso provindas do México, não

foi observada a presença de ésteres de forbol, porém na variedade provinda do Quênia, observaram o valor de 3,32 mg/g de ésteres como o maior nível entre as variedades estudadas.

Variedades do pinhão manso com sementes isentas ou com baixo teor de toxinas foram encontradas no México. A composição nutricional da torta da semente extraída da variedade não tóxica apresenta similar ou igual valor dos nutrientes contidos na variedade tóxica (MAKKAR et al., 1997). Em virtude destes fatores, é promissor o uso do subproduto desta variedade em dietas para animais.

Makkar et al. (1999) avaliaram o farelo de pinhão manso não tóxico, processado em quatro diferentes temperaturas, provindo da cidade de Vera Cruz no México. Ratos alimentados com a dieta contendo farelo de pinhão manso processado apresentaram maiores valores de ganho de peso e a taxa de eficiência protéica.

El Badwi e Adam (1992) alimentaram frangos durante quatro semanas com sementes de pinhão manso e observaram intoxicação severa, indicada pela diminuição do crescimento, hepato-nefropatias, congestões e hemorragias.

Sementes de pinhão manso foram administradas para bezerros nas doses de 2,5; 1,0; 0,25 e 0,025 g/kg durante 14 dias (AHMED; ADAM, 1979a). Os autores observaram que as maiores doses foram fatais para os animais já nas primeiras 24 horas, e o restante dos animais, apresentaram sinais de envenenamento e morreram entre o 10º e 14º dia. Foi observado aumento da enzima aspartato aminotransferase, amônia e potássio, além da diminuição da proteína total e do cálcio sérico dos animais.

Em ovinos e caprinos, Adam e Magzoub (1975) e Ahmed e Adam (1979b) observaram sintomas como diarréia, redução no consumo de água, desidratação, olhos fundos e inapetência em animais que consumiram sementes de pinhão manso. Todos os caprinos apresentaram decréscimo no nível de glicose e acréscimo na concentração de arginase e glutamato oxaloacetato transmitase séricos, além de hemorragias em diversos órgãos.

Chivandi et al. (2006) avaliando o efeito de diferentes métodos de detoxicação e níveis de inclusão de farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de suínos sobre os parâmetros sanguíneos, observaram danos severos aos animais. Os suínos alimentados com níveis crescentes do farelo apresentaram redução significativa na concentração e atividade sérica de alfa amilase, porcentagem de hematócrito, glicose, colesterol e triglicerídeos séricos. Além disso, os animais apresentaram diarréia, indicando que o farelo não foi totalmente detoxicado.

Boguhn et al. (2010) concluíram que a digestibilidade dos aminoácidos do farelo de pinhão manso detoxicado, para perus jovens, é alta em comparação com outros ingredientes, sendo, portanto, possível utilizá-lo como ingrediente na dieta de aves.

Redução no ganho diário de peso, diarréia, dificuldade motora e mortalidade de todos os ratos alimentados com diferentes tipos de farelo de pinhão manso detoxicado foram observados por Rakshit et al. (2008). Porém, mesmo os farelos contendo diferentes tratamentos e detoxicação, fatores como sabor, cheiro e textura das dietas podem ter influenciado no decréscimo do consumo das dietas pelos ratos (AREGHEORE et al., 2003).

REFERÊNCIAS

ADAM, S. E. I.; MAGZOUB, M. Toxicity of *Jatropha curcas* for goats. **Toxicology**, Amsterdam, v.4, n.3, p.347-354, 1975.

AHMED, O. M. M.; ADAM, S. E. I. Effects of *Jatropha curcas* on calves. **Veterinary Parasithology**, Basel, v.16, p.476-482, 1979a.

AHMED, O. M. M.; ADAM, S. E. I. Toxicity of *Jatropha curcas* in sheep and goats. **Research in Veterinary Science**, London, v.27, p.89-96, 1979b.

AREGHEORE, E. M.; BECKER, K.; MAKKAR, H. P. S. Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats. **South Pacific Journal of Natural Science**, Suva, Fiji, v.21, p.50-56, 2003.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semi-Árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, p.789-799, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC International, 1999. v.1.

BELTRÃO, N. E. M. **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário - Secretaria da Agricultura Familiar, 2006. Disponível em: www.mda.gov.br/saf/arquivos/0705910897.doc. Acesso em: 14 abr. 2009.

BENDER, A. E. Effects on nutritional balance: antinutrients. In: WATSON, D. H. **Natural toxicants in food**: progress and prospects. London: Ellis Horwood International Publishers, 1987. p.110-124.

CANNAS, A. **Tannins**: fascinating but sometimes dangerous molecules. New York: Crnell University, Department of Animal Science, 2009. Disponível em: http://www.ansci.cornell.edu/toxicagents/tannin/ tannin.htm. Acesso em: 28 fev. 2011.

CARNIELLI, F. **O combustível do futuro**. Belo Horizonte: UFMG, 2003. Disponível em: www.ufmg.br/boletim/bul1413. Acesso em: 28 ago. 2010.

CHEEKE, P. R. Biological effects of feed and forage saponins and their impacts on animal production. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v.405, p.377-385, 1996.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Palo Alto, v.13, n.4, p.296-335, 1980.

CHIVANDI, E.; ERLWANGER, K. H.; MAKUZA, S. M.; READ, J. S.; MTIMUNI, J. P. Effects of dietary *Jatropha curcas* meal on Percent Packed Cell Volume, Serum Glucose, Cholesterol and Triglyceride concentration and Alpha-Amylase activity of weaned fattening pigs. **Research Journal of Animal and Veterinary Sciences**, Ma´an, Jordan, v.1, p.18-24, 2006.

DIAS, L. A. S.; LEME, L. P.; LAVIOLA, B. G.; PALLINI FILHO, A.; PEREIRA, O. L.; CARVALHO, M.; MANFIO, C. E.; SANTOS, A. S.; SOUSA, L. C. A.; OLIVEIRA, T. S.; DIAS, D. C. F. S. **Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) para produção de óleo combustível**. Viçosa: UFMG, 2007. v.1, 40p.

EL BADWI, S. M. A.; ADAM, S. E. I. Toxic effects of low levels of dietary *Jatropha curcas* seed on Brown Hisex chicks. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, v.34, n.2, p.112-115, 1992.

ETZLER, M. E. Plant lectins molecular and biological aspects. **Annual Reviews in Plant Physiology**, Palo Alto, v.36, p.209-234, 1985.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factorspresent in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Reviews in Aquaculture**, New York, v.199, p.197–227, 2001.

GANDHI, V. M.; CHERIAN, K. M.; MULKY, M. J. Toxicological studies on ratanjyot oil. **Food and Chemical Toxicology**, London, v.33, n.1, p.39-42, 1995.

GETACHEW, G.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER K. Effect of polyethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-rich browse and herbaceous legumes. **British Journal of Nutrition**, London, v.84, p.73-83, 2000.

GOEL, G.; MAKKAR, H. P. S.; FRANCIS, G. et al. Phorbol Esters: structure, biological activity, and toxicity in animals. **International Journal of Toxicology**, Denver, v.26, n.4, p.279-288, 2007.

GOMES, J. D. F. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na dieta de suínos sobre a morfologia dos órgãos digestivos e não digestivos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.43, n.2, p.202-209, 2006.

HAAS, W.; STERK, H.; MITTELBACH, M. Novel 12-deoxy-16-hydroxyphorbol diesters isolated from the seed oil of Jatropha curcas. **Journal of Natural Products**, Pittsburgh, v.65, p.1434-1440, 2002.

HAUPTLI, L.; LOVATTO, P. A. Alimentação de porcas gestantes e lactantes com dietas contendo saponinas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.2, p.610-616, 2006.

HELLER, J. **Physic nut (*Jatropha curcas*) –** Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Rome: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research; International Plant Genetic Resources Institute, 1996. 66p.

HOSTETTMANN, K.; MARSTON, A.; MAILLARD, M.; WOLFENDER, J. L. Search for molluscicidal and antifungal saponins from tropical plants. **Advances in Experimental Medicine and Biology**, New York, v.404, p.117-128, 1996.

KENNEDY, J. F.; PALVA, P. M. G.; CORELLA, M. T. S.; CAVALCANTI, M. S. M.; COELHO, L. C. B. B. Lectins, versatile proteins of recognition: a review. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.26, n.3, p.219-230, 1995.

LIENER, I.E. Phytohemagglutinins: their nutritional significance. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.22, n.1, p.17-22, 1974.

LUDKE, M. C. M. M.; LÓPEZ, J.; LUDKE, J. V.; NICOLAIEWSKY, S. Utilização da fitase em dietas com ou sem farelo de arroz desengordurado para suínos em crescimento/terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.31, n.5, p.2002-2010, 2002.

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. **Bioresource Technology**, Essex, v.70, p.1-15, 1999.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Nutritional studies on rats and fish (carp *Cyprinus carpio*) fed diets containing unheated and heated *Jatropha curcas* meal of a non-toxic provenance. **Qualitas Plantarum: Plant Foods for Human Nutrition**, The Hague, v.53, p.183-192, 1999.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Plant toxins and detoxification methods to improve feed quality of tropical seeds - Review. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v.12, p.467-480, 1999.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, p.3152-3157, 1997.

MARTINEZ-HERRERA, J.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G.; DÁVILA-ORTÍZ, G.; BECKER, K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. **Food Chemistry**, Barking, v.96, p.80-89, 2006.

McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. **Animal nutrition**. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 576p.

NEIVA JUNIOR, 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., Brasília, DF, 2007. **Anais…** Brasília, DF: REDEBIO, 2007. 1 CD-ROM.

NICOLSON, G. L. The interactions of lectins with animal cell surfaces. **International Review of Cytolog**y, New York, v.39, p.89-190, 1974.

NUNES, C. F. **Caracterização de frutos, sementes e plântulas e cultivo de embriões de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2007. 78 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

OPENSHAW, K. A review of Jatropha curcas: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v.19, p.1-15, 2000.

PEUMANS, W. J.; VAN DAMME, E. J. M. Prevalence, biological activity and genetic manipulation of lectins in foods. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, v.7, n.4, p.132-138, 1996.

PIZARRO, A. P. B.; FILHO, A. M. O.; PARENTE, J. P.; MELO, M. T. V.; SANTOS, C. E.; LIMA, P. R. O aproveitamento do resíduo da indústria do sisal no controle de larvas de mosquitos. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, Rio de Janeiro, v.32, n.1, p.23-29, 1999.

PROLL, J.; PETZKE, J.; EZEAGU, E. I.; METGES, C. C. Low nutritional quality of unconventional tropical crop seeds in rats. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.128, n.11, p.2014-2022, 1998.

RAKSHIT, K. D.; DARUKESHWARA, J.; RATHINA RAJ, et al. Toxicity studies of detoxified Jatropha meal (*Jatropha curcas*) in rats. **Food and Chemical Toxicology**, London, v.46, p.3621-3625, 2008.

REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.75, p.1516-1528, 1995.

SEN, S.; MAKKAR, H. P.; MUETZEL, S.; BECKER, K. Effect of Quillaja saponaria saponins and Yucca schidigera plant extract on growth of *Escherichia coli*. **Letters in Applied Microbiology**, Oxford, v.27, p.35-38, 1998.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS - SBRT. 2005. Disponível em: http://sbrt.ibict.br. Acesso em: 10 ago. 2010.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS - SBRT. 2006. Disponível em: http://sbrt.ibict.br. Acesso em: 10 ago. 2010.

SCHENKEL, E. P.; GOSMAN, G.; ATHAYDE, M. L. Saponinas. In: SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMAN, G.; MELLO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R. **Farmacognosia**: da planta ao medicamento. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS; 2007. p.711-740.

SOUSA, G. S.; PIRES, M. M.; ALVES, J. M. Análise da potencialidade da produção de biodiesel a partir de óleos vegetais e gorduras residuais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UESC, 11., 2006, Santa Cruz. **Anais...** Santa Cruz: UESC, 2006. p.477-478.

STIRPE, F.; PESSION-BRIZZI, A.; LORENZONI, E.; STROCCHI, P.; MONTANARO, L.; SPERTI, S. Studies on the proteins from the seeds of Croton tiglium and of Jatropha curcas. Toxic properties and inhibition of protein synthesis in vitro. **Biochemistry Journal**, Colchester, v.156, n.1, p.1-6, 1976.

SILVA, M. R.; SILVA, M. A. A. P. **Fatores antinutricionais**: inibidores de proteases e lectinas – Revisão. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.13, n.1, p.3-9, 2000.

XAVIER-FILHO, J.; CAMPOS, F. A. P. Proteinase inhibitors. In: CHEEK, P.R. **Toxicants of plant origin**. Boca Raton: CRC Press, 1989. v.3, p.1-27.

WINA, E.; MUETZEL, S.; BECKER, K. The impact of saponins or saponincontainingplant materials on ruminant productions: A review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.53, p.8093-8105, 2005.

3 AVALIAÇÃO DO FARELO DE PINHÃO MANSO (*JATROPHA CURCAS* L.) DETOXICADO COMO INGREDIENTE DE RAÇÃO PARA RATOS WISTAR

Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos da inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD), oriundo da produção do biodiesel, no desempenho, digestibilidade, morfometria dos órgãos, hemograma e transaminases hepáticas de ratos albinos (*Rattus norvegicus*) da linhagem Wistar, com o intuito de verificar a eficiência da detoxicação do farelo de pinhão manso em um modelo animal não ruminante, de menor porte, visando extrapolar estes resultados para testes posteriores com suínos. Foram utilizados 24 animais, com peso vivo médio inicial de 69, 9 g ± 5,40 g, com 21-25 dias de idade, divididos em três dietas isonutritivas: dieta basal; dieta com a inclusão de 5% de farelo de pinhão manso detoxicado; dieta com a inclusão de 10% de farelo de pinhão manso detoxicado e para cálculo da digestibilidade, a fim de corrigir a proteína consumida e eliminada, foi incluída uma dieta aproteica, onde as fezes totais excretadas pelos ratos foram coletadas, secas em estufa a 60 ºC, moídas e pesadas. Os tratamentos foram distribuídos em seis blocos, em um delineamento em blocos casualisados de acordo com o peso vivo inicial dos animais. Após 28 dias de ensaio, os animais passaram por jejum de 12 horas e foram anestesiados em câmara saturada com halotano. Em seguida, tiveram suas cavidades abdominais abertas e seus órgãos internos (fígado, coração, rins e intestino) extraídos, pesados e dissecados. Amostras de sangue foram coletadas para análise de hemograma completo e enzimas transaminases hepáticas. A análise de variância não detectou efeito da adição do FPMD sobre as variáveis de desempenho, sendo, no entanto, observado uma redução significativa na digestibilidade das dietas em resposta à adição do FPMD. Os pesos relativos do fígado, rins, coração, intestino grosso e o comprimento do intestino delgado dos animais que receberam os diferentes tratamentos não diferiram significativamente em função da inclusão do FPMD. Os pesos relativos do intestino (intestino Grosso + intestino Delgado) e do intestino delgado tiveram aumento linear devido ao aumento do nível de inclusão do FPMD na dieta. A análise de variância não detectou efeito da adição do FPMD sobre as variáveis sanguíneas, bem como nas enzimas transaminazes hepáticas dos animais. O farelo de pinhão manso detoxicado demonstrou ser um ingrediente promissor para dieta de ratos. Pesquisas devem ser realizadas para avaliar a inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de outras espécies de animais, bem como do conteúdo de moléculas bioativas

Palavras-chave: Co-produto. Desempenho. Digestibilidade. Ratos Wistar.

EVALUATION OF DETOXICATED *JATOPHA CURCAS* MEAL AS INGREDIENT FOR WISTAR RATS DIETS

Abstract

This study was conducted to evaluate the effects of adding detoxicated Jatropha curcas meal, a co-product of biodiesel production on performance, digestibility, morphology of organs and blood parameters of Wistar rats (*Rattus norvegicus*) to verify the efficiency of detoxification of Jatropha curcas meal using non-ruminant animal model, then extrapolate these findings for further tests with pigs. An experiment was conducted with 24 animals, with 69, 9 g ± 5.40 g initial average live weight of 21-25 days old, divided into three isonutrient diets: basal ration (control), ration with the addition of 5%; ration with the addition of 10% of detoxicated Jatropha curcas meal and to correct the protein consumed and eliminated, for calculate the digestibility, was included a diet without protein. The animals were divided into six blocks in a randomized block design according to their initial live weight. The total feces excreted by rats were collected, dried at 60 ° C, ground and weighed for the calculation of digestibility in 24 hours. After 28 days of testing, the rats were fasted for 12 hours and were anesthetized in a saturated chamber with halothane, then the abdominal cavities of rats were opened and internal organs (liver, heart, kidney and intestine) were extracted and weighed. The intestine was dissected and separated into large intestine (LI) and small intestine (SI), which was later, measured the length of the (SI). Then, blood samples were collected for analysis blood hematological parameters and liver transaminase enzymes. Addition of detoxicated *jatropha curcas* meal (DJCM) did not affect significantly on animals performance but reduced significantly the digestibility of diets. Relative weights of liver, kidneys, heart, intestine and the length of the small intestine of animals receiving different treatments of DJCM did not differ significantly. There was significant dose dependent effect between relative weight of Bowel (Small Intestine +Large Intestine) and small intestine and the increased level of inclusion of DJCM in diet. Using DJCM did not affect significantly on blood parameters and liver transaminazes enzymes. The detoxicated Jatropha curcas meal proved to be a promising ingredient in animal diets. Further research should be conducted to evaluate the inclusion of detoxicated *Jatropha curcas* meal in the diets of different animal's species, as well as the content of other bioactive molecules.

Key words: Blood analyses. Co-product. Digestibility. Performance. Wistar Rats.

3.1 Introdução

A energia tornou-se no cenário atual, um fator fundamental para o desenvolvimento dos países, haja vista a dependência no emprego de tecnologias promotoras do desenvolvimento socioeconômico local. Com isso, aumenta cada vez mais a necessidade de pesquisas visando desenvolver novas fontes alternativas de energia, tal como o biodiesel, em vista de ampliar e diversificar a oferta energética, de forma ambientalmente sustentável (SOUSA et al., 2006).

Cerca de 200 espécies de plantas oleaginosas e palmáceas cultivadas no Brasil estão aptas para produção de óleo para biodiesel, com destaque para soja, amendoim, girassol, gergelim, nabo-forrageiro, mamona, dendê, macaúba e com destaque para o pinhão-manso entre outras (BELTRÃO, 2006)

A produção do biodiesel gera subprodutos, tais como a glicerina, lecitina, a torta e o farelo da oleaginosa utilizada no processo de fabricação do biodiesel. Entretanto, praticamente inexistem estudos acerca do aproveitamento destes, como elementos de viabilização da cadeia produtiva (NEIVA JÚNIOR et al., 2007).

A utilização do farelo do pinhão manso na alimentação animal tem despertado o interesse de vários pesquisadores, visto que demonstra potencial uso como fonte de proteína.

No entanto, apresenta desvantagens em relação à outras oleaginosas devido à presença de moléculas bioativas (fitatos e inibidores de tripsina) e compostos tóxicos (curcina e ésteres de forbol) (MAKKAR et al., 1997; MARTINEZ-HERRERA et al., 2006) que causam sinais clínicos como diarréia, dispnéia e desidratação em diferentes espécies de animais.

Neste contexto, outros subprodutos da agroindústria já foram usados com sucesso como alternativa protéica em rações para animais. Para que esses alimentos fossem utilizados comercialmente foram realizadas análises químicas e testes alimentares, onde foram determinados os valores nutritivos destes ingredientes.

Diante disto, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado no desempenho, digestibilidade, morfometria dos órgãos e análise sangüínea de ratos Wistar, com o intuito de verificar a eficiência da detoxicação do farelo de pinhão manso em um modelo animal não ruminante, de menor porte, visando extrapolar estes resultados para testes posteriores com suínos na fase de terminação.

3.2 Material e Métodos

3.2.1. Animais e dietas experimentais

Foram utilizados 24 ratos albinos (*Rattus norvegicus*) da linhagem Wistar, com peso vivo médio inicial de 69, 9 g ± 5,40 g e com 21 a 25 dias de idade, divididos em três dietas (Tabela 3.1), Dieta basal, conforme descrita por Reeves et al. (1993); Dieta basal com a inclusão de 5% de farelo de pinhão manso detoxicado; Dieta basal com a inclusão de 10% de farelo de pinhão manso detoxicado e para cálculo da digestibilidade, a fim de corrigir a proteína consumida e eliminada, foi incluída uma dieta aproteica.

Os animais permaneceram em gaiolas individuais, sendo alimentados durante 28 dias com o fornecimento de água e ração *ad libitum.*

Tabela 3.1- Composição percentual e nutricional das dietas experimentais

	FPMD na dieta,%			
Ingrediente	0	5	10	Aproteica
Caseína (≥ 85% de proteína)	20,00	16,35	12,68	0
Farelo de pinhão manso detoxicado	0	5,00	10,00	0
Amido de milho	39,75	38,41	37,07	59,75
Amido de milho dextrinizado	13,20	13,20	13,20	13,20
Óleo de soja	7,00	7,00	7,00	7,00
Sacarose	10,00	10,00	10,00	10,00
Celulose microcristalizada	5,00	5,00	5,00	5,00
Mistura mineral (AIN-93G-MX)[1]	3,50	3,50	3,50	3,50
Mistura vitamínica (AIN-93G-VX)[2]	1,00	1,00	1,00	1,00
L-cistina	0,30	0,30	0,30	0,30
Bitartarato de colina	0,25	0,25	0,25	0,25
Tert Butylhidroquinona (TBHq)	0,0014	0,0014	0,0014	0,0014
Composição nutricional[3]:				
Matéria Seca (100º C), %	97,3	93,0	92,9	97,3
Matéria Mineral, %	2,6	3,0	3,8	1,7
Proteína Bruta, %	21,3	19,7	20,9	2,0
Extrato Etéreo, %	6,0	7,0	7,6	7,9
Fibra Bruta, %	3,4	4,1	4,5	2,9
Ésteres de forbol, mg/g	0	0,09	0,11	0

[1] Quantidades por kg de ração: Carbonato de Cálcio Anidro - 357 g; fosfato de potássio monobásico - 196 g; Citrato de Potássio - 70,78 g; Cloreto de Sódio - 74,00 g; Sulfato de Potássio - 46,60 g; Óxido de Magnésio - 24 g; Citrato de Ferro - 6,06 g; Carbonato de Zinco - 1,65 g; Carbonato de Manganês - 0,63 g; Carbonato de Cobre^{+2} - 0,30 g; Iodato de Potássio - 0,01 g; Selenato de Sódio - 0,01025 g; Paramolibdato de Amônia - 0,00795 g; Beta Silicato de Sódio - 1,45 g; Sulfato de Potássio Cromo - 0,275 g; Cloreto de Litio - 0,0174 g; Ácido Bórico - 0,0815 g; Fluoreto de Sódio - 0,0635 g; Carbanato de níquel - 0,0318 g; Vanadato de Amônia - 0,0066g; Sacarose - 221,0260 g.

[2] Quantidades por kg de ração: Ácido nicotínico - 3,00 g; Pantotenato de cálcio - 1,60 g; Piridoxina - 0,70 g; Tiamina - 0,60 g; Riboflavina - 0,60 g; Ácido Fólico - 0,20 g; Biotina - 0,02 g; Vitamina B_{12} - 2,50 g; Vit. E - 15,0 g; Vit. A - 0,80 g; Vit. D_3 - 0,25 g; Vit. K - 0,075 g; Sacarose - 974,655 g.

[3] Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (LANA/CENA/USP) e no Centro de Produção Animal nos Trópicos e Subtrópicos, Universität Hohenheim, Stuttgart, Alemanha.

Na confecção das dietas foi utilizado o farelo de pinhão manso, oriundo de esmagadoras de oleaginosas para a produção do biodiesel, o qual foi detoxicado posteriormente em condições industriais (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Composição química do farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD) utilizado no ensaio biológico de ratos[1]

Componentes	FPMD dieta ratos
Matéria Seca (100º C), %	97,39
Proteína Bruta, %	62,59
Extrato Etéreo, %	7,12
Cinzas, %	8,83
Fibra Bruta, %	6,21
Cálcio, %	0,49
Fósforo, %	1,64
Sódio, %	0,03

[1]Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (LANA/CENA/USP)

3.2.2. Desempenho, digestibilidade, biometria de órgãos e análises sanguíneas

Para determinar o ganho diário de peso, o consumo diário de ração e a conversão alimentar, os animais e as dietas (fornecida e sobras) foram pesadas no início, a cada três dias e ao término do experimento.

Após 28 dias de ensaio, os animais passaram por jejum de 12 horas e foram anestesiados em câmara saturada com halotano. Posteriormente, tiveram suas cavidades abdominais abertas e seus órgãos internos (fígado, coração, rins e intestino) extraídos e pesados. O peso relativo destes órgãos por 100 g de peso vivo foi encontrado multiplicando o peso total do órgão por 100 e dividindo-se o valor obtido pelo peso vivo do animal.

O intestino foi dissecado e separado em intestino grosso (IG) e intestino delgado (ID), onde posteriormente foi mensurado o comprimento do ID. Em seguida, foram coletadas amostras de sangue para análise de hemograma completo, através de contagem de hemácias ($x10^6$/ mm^3), hemoglobina (g/dl), volume globular (%), volume globular médio (VGM) (fl), concentração de hemoglobina corpuscular média

(CHCM) (%), proteína total (g/dl), leucócitos ($x10^3/mm^3$) e as enzimas alanina aminotransferase (ALT) (UI/l) e aspartato aminotransferase (AST) (UI/l).

O nitrogênio das fezes e das carcaças foi determinado pela técnica descrita pela AOAC (1990). Para a determinação do coeficiente de digestibilidade da proteína (%) foi utilizada a seguinte fórmula:

$$D = \frac{\text{Proteína consumida} - \text{Proteína excretada} - \text{Proteína excretada pelo grupo aprotéico}}{\text{Proteína consumida}} \times 100$$

Para a determinação da taxa de eficiência protéica (TEP) foi utilizada a metodologia de Osborne et al. (1919), seguindo as seguintes fórmulas:

$$TEP = \frac{\text{Ganho de peso (g)}}{\text{Proteína ingerida (g)}}$$

3.2.3. Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três tratamentos e seis blocos (repetições) por tratamento. Os dados foram analisados pelo SAS LAB para verificação da adequação dos dados ao modelo linear. Em seguida, foi feita análise de variância pelo PROC GLM e análise de regressão através do SAS (SAS INSTITUTE, 2001). Posteriormente, foi testado um contraste específico de interesse prático (C1= tratamento controle x média dos tratamentos 5 e 10% de farelo de pinhão manso detoxicado).

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Desempenho e digestibilidade

A análise de variância não detectou efeito da adição do farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD) sobre as variáveis de desempenho (Tabela 3.3). Mesmo após a decomposição dos graus de liberdade do fator nível de FPMD em seus componentes individuais (linear e quadrático) não foi observado qualquer efeito (P>0,05) dos níveis de FPMD sobre o desempenho dos animais. Estes resultados são diferentes dos encontrados por Aregheore et al. (2003) e Rakshit et al. (2008), que avaliando diferentes metodologias

de detoxicação do farelo de pinhão manso observaram redução no consumo diário de ração e conseqüentemente redução no peso vivo médio e no ganho diário de peso dos animais, devido ao cheiro, sabor e à textura, ou ainda devido à intolerância aos ésteres de forbol (MAKKAR; BECKER, 1997).

Makkar et al. (1999) avaliando o farelo de pinhão manso não tóxico de variedades provindas da cidade de Vera Cruz no México, processados em quatro diferentes temperaturas, observaram maiores valores de ganho de peso e de taxa de eficiência protéica para os ratos alimentados com a dieta contendo farelo de pinhão manso processado, comparados com aqueles que receberam dietas contendo farelo de pinhão manso sem nenhum tipo de tratamento.

Tabela 3.3 - Médias de peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP), conversão alimentar (CA), coeficiente de digestibilidade da proteina (CDP) e taxa de eficiëncia proteica (TEP) de ratos Wistar alimentados com níveis de farelo de pinhão manso detoxicado na dieta

Variáveis	FPMD na dieta, %			P	Regressão[1]		Contraste[2]	CV[3], %
	0	5	10		L	Q	C1	
PVI, g	69,35	71,41	68,90	..	..	..	..	..
PVF, g	214,18	217,02	217,35	NS	NS	NS	NS	3,35
CDR, g/dia	16,02	15,58	15,95	NS	NS	NS	NS	4,39
GDP, g/dia	5,36	5,39	5,50	NS	NS	NS	NS	5,27
CA	2,99	2,89	2,91	NS	NS	NS	NS	3,55
CDP, %	81,84	74,00	72,09	<0,001	<0,001	NS	<0,001	1,40
TEP	1,57	1,81	1,60	NS	NS	NS	NS	8,93

Variáveis	Equação de regressão	R^2
CDP, %	y = 80,852- 0,9746x	0,82

[1]Regressão: L = efeito linear; Q = efeito quadrático
[2] Contraste: C1 = 0 % x média de 5 e 10%
[3] Coeficiente de Variação
NS = não significativo
Nota : Sinal convencional utilizado:
.. Não se aplica dado numérico

O contraste especifico 0% x média de 5 e 10% de FPMD nas dietas para as variáveis de desempenho, também não demonstrou qualquer diferença (P>0,05) entre os tratamentos.

Mesmo aplicando diferentes métodos para a detoxicação do farelo de pinhão manso, Rakshit et al. (2008) comprovaram que a presença do éster de forbol na dieta para ratos é capaz de acarretar perda de peso. A concentração de 0,02 mg/g de ésteres de forbol na dieta resultou em efeitos adversos significativos no consumo e na taxa de crescimento de ratos.

Foi observada redução significativa (P<0,05) no CDP em resposta à adição do FPMD na dieta. Após a decomposição dos graus de liberdade do fator nível de FPMD em seus componentes individuais (linear e quadrático) foi observado uma redução linear (P<0,001) na digestibilidade quando foram adicionados 5 e 10% de farelo de pinhão manso. No entanto, em relação à taxa de eficiência protéica (TEP) não foi observada qualquer diferença (P>0,05). Estes resultados diferem dos encontrados por Aregheore et al. (2003) que avaliando diferentes metodologias de detoxicação relataram uma redução significativa na TEP dos animais que receberam farelo de pinhão manso detoxicado na dieta.

3.3.2 Biometria de órgãos

Os pesos relativos do fígado, rins, coração, intestino grosso e o comprimento do intestino delgado dos animais recebendo os diferentes tratamentos não diferiram significativamente (P>0,05) em função da inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD) na dieta (Tabela 3.4).

No peso relativo do intestino (intestino grosso + intestino delgado) e do intestino delgado, observou-se um aumento linear (P<0,05 e P<0,001) devido ao aumento do nível de inclusão do FPMD à dieta. O contraste especifico 0 % x média de 5 e 10 % de inclusão de farelo de pinhão manso detoxicado, também foi significativo (P<0,05) para essas variáveis.

Rakshit et al. (2008) avaliando diferentes metodologias de detoxicação do farelo de pinhão manso, não observaram efeito significativo da inclusão do farelo de pinhão manso em relação ao tratamento controle (caseína) sobre o peso relativo de fígado, no entanto, observaram aumento significativo no peso relativo dos rins, sendo causados, provavelmente, segundo os autores, por uma deficiência em aminoácidos essenciais.

Tabela 3.4 – Médias dos pesos relativos (porcentagem do peso vivo) dos órgãos (fígado, rins, coração e intestino) e do comprimento do intestino delgado em função da inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado na dieta

Variáveis	FPMD na dieta, %			P	Regressão[6]		Contraste[7]	CV[8], %
	0	5	10		L	Q	C1	
PVF[1], kg	214,18	217,02	217,35	NS	..	..	0,43	3,35
Fígado, %	3,30	3,86	3,60	NS	NS	NS	< 0,05	7,27
Rins, %	1,02	0,92	0,99	NS	NS	NS	0,15	9,59
Coração, %	0,48	0,41	0,45	NS	NS	NS	0,42	22,05
Intestino[2] %	3,07	3,59	3,76	<0,05	<0,05	NS	< 0,05	12,72
ID[3]%	2,41	2,65	2,90	<0,05	<0,001	NS	< 0,05	7,39
IG[4], %	0,66	0,93	0,85	NS	NS	NS	0,21	46,8
Comp. ID[5], m	1,18	1,12	1,15	NS	NS	NS	0,20	5,08

Variáveis	Equação de regressão	R^2
Intestino[1] %	y = 3,1282 + 0,0693x	0,93
ID[2]%	y = 2,4097+ 0,0488x	0,99

[1] Peso vivo final
[2] Intestino Grosso e Intestino Delgado
[3] Intestino Delgado
[4] Intestino Grosso
[5] Comprimento de Intestino Delgado
[6] Regressão: L = efeito linear; Q = efeito quadrático
[7] Contraste: C1 = 0 % x média de 5 e 10%
[8] Coeficiente de Variação
NS = não significativo
Nota : Sinal convencional utilizado:
.. Não se aplica dado numérico

Já Ghandi et al. (1995) ao testar a toxicidade do óleo de pinhão manso em ratos, camundongos e coelhos, observaram diarréia, hemorragia ocular e inflamação do trato gastrintestinal dos animais, sendo estes sintomas, segundo os autores, relacionados à presença de ésteres de forbol.

3.3.3 Análises sanguíneas

A análise de variância não detectou (P>0,05) efeito da adição do farelo de pinhão manso detoxicado sobre as variáveis sanguíneas, bem como nas enzimas transaminazes hepáticas dos animais (Tabela 3.5). O contraste especifico 0 % x média de 5 e 10 % de inclusão de farelo de pinhão manso detoxicado da mesma forma não demonstrou qualquer diferença (P>0,05) nessas variáveis.

Chivandi et al. (2006) avaliando diferentes métodos de detoxicação e níveis de inclusão de farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de suínos, verificaram comprometimento dos parâmetros sanguíneos, o que foi justificado pela alta toxidez dos ésteres de forbol encontrados no pinhão manso.

Tabela 3.5– Hemograma e enzimas transaminases hepáticas de ratos Wistar alimentados com níveis de farelo de Pinhão manso detoxicado na dieta

Variáveis	FPMD na dieta, %			Regressão[5]		CV[6], %
	0	5	10	L	Q	
Hemácias, $x10^6$/ mm^3	6,06	6,81	6,19	NS	NS	18,74
Hemoglobina, g/dl	12,94	13,85	12,70	NS	NS	15,66
Volume globular, %	39,80	41,17	38,83	NS	NS	23,49
VGM[1],fl	66,06	59,95	62,13	NS	NS	9,52
CHCM[2], %	32,72	34,63	33,27	NS	NS	14,71
Plasma total, g/dl	6,56	6,37	6,33	NS	NS	3,68
Leucócitos, $x10^3/mm^3$	7,01	7,88	6,58	NS	NS	32,76
ALT[3], UI/l	18,90	17,75	20,42	NS	NS	22,51
AST[4], UI/l	139,50	107,83	141,33	NS	NS	21,74

[1] Volume globular médio
[2] Concentração de hemoglobina corpuscular média
[3] Alanina aminotransferase
[4] Aspartato aminotransferase
[5] Contraste: C1 = 0 % x média de 5 e 10%
[6] Coeficiente de Variação
NS = não significativo
Nota : Sinal convencional utilizado:
.. Não se aplica dado numérico

Ahmed e Adam (1979a) administraram para bezerros sementes de pinhão manso em diferentes doses por 14 dias, sendo constatada morte dos animais e aumento da aspartato aminotransferase, amônia e potássio e diminuição da proteína total e do cálcio sérico nos animais envenenados.

Em ovinos e caprinos, Adam e Magzoub (1975) e Ahmed e Adam (1979b) relataram sinais como diarréia, consumo reduzido de água, desidratação, olhos fundos e inapetência nos animais alimentados com farelo de pinhão manso na dieta. Em frangos alimentados durante quatro semanas com sementes de pinhão manso, El Badwi e Adam (1992) relataram intoxicação severa, indicada pela diminuição do crescimento, hepato-nefropatias e congestões e hemorragias espalhadas no organismo dos animais. Em estudo recente no Brasil, Fernandez (2010) concluiu que a inclusão de farelo de pinhão manso (sem nenhum tipo de detoxicação) na ração de alevinos de tilápia do Nilo provoca efeitos

deletérios fatais devido à presença de fatores antinutricionais em sua composição, e, portanto não deve ser utilizado na alimentação destes peixes.

3.4 Conclusões

O farelo de pinhão manso detoxicado demonstrou ser uma fonte promissora de alimento em virtude de seu valor nutricional para ratos. Pesquisas devem ser realizadas para avaliar a inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de outras espécies de animais.

Referências

ADAM, S. E. I.; MAGZOUB, M. Toxicity of *Jatropha curcas* for goats. **Toxicology**, Amsterdam, v.4, n.3, p.347-54, 1975.

AHMED, O. M. M.; ADAM, S. E. I. Effects of *Jatropha curcas* on calves. **Veterinary Parasithology**, Basel, v.16, p.476-482, 1979a.

AHMED, O. M. M.; ADAM, S. E. I. Toxicity of *Jatropha curcas* in sheep and goats. **Research in Veterinary Science**, London, v.27, p.89-96, 1979b.

AREGHEORE, E. M.; BECKER, K.; MAKKAR, H. P. S. Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats. **South Pacific Journal of Natural Science**, Suva, Fiji, v.21, p.50-56, 2003.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semi-Árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, p.789-799, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 15. ed. Arlington: AOAC International, 1999. v.1.

BELTRÃO, N. E. M. **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário - Secretaria da Agricultura Familiar, 2006. Disponível em: www.mda.gov.br/saf/arquivos/0705910897.doc. Acesso em: 14 abr. 2008.

BIKKER, P.; VERSTEGEN, M. W. A.; TAMMINGA, S. Partitioning of dietary nitrogen between body components and waste in young growing pigs. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v.42, p.37-45, 1994.

CHEN, H. Y.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S.; YEN, J. T. The effect of excess protein on growth performance and protein metabolism of finishing barrows and gilts. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.77, p.3238-3247, 1999.

CHIVANDI, E.; ERLWANGER, K. H.; MAKUZA, S. M.; READ, J. S.; MTIMUNI, J. P. Effects of dietary *Jatropha curcas* meal on Percent Packed Cell Volume, Serum Glucose, Cholesterol and Triglyceride concentration and Alpha-Amylase activity of weaned fattening pigs. **Research Journal of Animal and Veterinary Sciences**, Ma´an, Jordan, v.1, p.18-24, 2006.

EL BADWI, S. M. A.; ADAM, S. E. I. Toxic effects of low levels of dietary *Jatropha curcas* seed on Brown Hisex chicks. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, v.34, n.2, p.112-115, 1992.

EL-SAYED, ABDEL-FATTAH M. Alternative dietary protein sources for farmed tilapia, *Oreochromis* spp. **Aquaculture**, Amsterdam, v.179, p.149-168, 1999.

FERNANDES, R. N. **Valor nutritivo do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) para alevinos de tilápia do Nilo *(Oreochromis niloticus)***. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aqüicultura - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2010.

GANDHI, V. M.; CHERIAN, K. M.; MULKY, M. J. Toxicological studies on ratanjyot oil. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.33, n.1, p.39-42, 1995.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Plant toxins and detoxification methods to improve feed quality of tropical seeds - Review. **Asian-Australian Journal of Animal Science**, Seoul, v.12, p.467-480, 1999.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SPORER, F.; WINK, M. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, DC, v.45, p.3152-3157, 1997.

MARTINEZ-HERRERA, J.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G.; DÁVILA-ORTÍZ, G.; BECKER, K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. **Food Chemistry**, Barking, v.96, p.80-89, 2006.

NEIVA JUNIOR, 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., Brasília, DF, 2007. **Anais…** Brasília, DF: REDEBIO, 2007. 1 CD-ROM.

OSBORNE, T. B.; MENDEL, L. B.; FERRY, E. L. A method of expressing numerically the growth – promoting value of proteins. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v.37, p.223-229, 1919.

RAKSHIT, K. D.; DARUKESHWARA, J.; RATHINA RAJ, K.; NARASIMHAMURTHY, K.; SAIBABA, P.; BHAGYA, S. Toxicity studies of

detoxified Jatropha meal (*Jatropha curcas*) in rats. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.46, p.3621-3625, 2008.

REEVES, P. G.; NIELSEN, F. H.; FAHEY, G. C. Ain-93 purified diets for laboratory rodents- final report of the American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on the reformulation of the ain- 76 a rodent diet. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v.23, n.11, p.1939-1951, 1993.

SAS INSTITUTE. **SAS User´s guide**: Statistics (Version 9.1). Cary, NC, 2001.

SOUSA, G. S.; PIRES, M. M.; ALVES, J. M. Análise da potencialidade da produção de biodiesel a partir de óleos vegetais e gorduras residuais. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UESC, 11., 2006, Santa Cruz. **Anais...** Santa Cruz: UESC, 2006. p.477-478.

4 AVALIAÇÃO NUTRICIONAL DO FARELO DE PINHÃO MANSO (*JATROPHA CURCAS* L.) DETOXICADO PARA SUÍNOS EM TERMINAÇÃO E POTENCIAL DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E METANO À PARTIR DOS DEJETOS DOS ANIMAIS

Resumo

Objetivou-se por meio deste estudo avaliar o conteúdo de ésteres de forbol (EF), fenóis totais (FT), taninos totais (TT), taninos condensados (TC) saponinas (SPN), o perfil de aminoácidos, a digestibilidade aparente do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) detoxicado para suínos na fase de terminação, além do biogás e do metano gerado à partir dos dejetos dos suínos alimentados com este co-produto. A digestibilidade aparente da matéria seca (MS), energia bruta (EB), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) e extrato etéreo (EE) foram obtidas pela metodologia de substituição do alimento em uma ração-referência utilizando 0,05% de óxido crômico como indicador externo. Foram utilizados dez suínos mestiços, machos castrados, com peso médio de 70 ± 1,95kg, distribuídos em delineamento de blocos casualizados para correção das diferenças iniciais de peso, com dois tratamentos e cinco repetições (blocos), sendo utilizado um animal por gaiola. No último dia da fase de adaptação do experimento de digestibilidade, os dejetos dos suínos foram coletados e adicionados em garrafas PET, com tempo de retenção hidráulica de sete dias, para posterior avaliação do biogás e do metano produzido em Litros e Litros/% Sólidos Totais. O conteúdo de EF, FT, TT, TC e SPN observados, foram, respectivamente, 0,06 mg/g, 26,08 e 10,43 equivalente grama de ácido tânico, 0,05 equivalente grama de leucocianidina e 0,005%. Foram observados valores de 83,8% de matéria seca digestível aparente, 3,500 kcal/kg de energia digestível aparente, 13,5% de proteína digestível aparente, 1,5% de fibra digestível aparente e 2,3 % de extrato etéreo digestível aparente. A utilização do farelo de pinhão manso detoxicado não afetou significativamente (P>0,05) a produção de biogás e metano à partir dos dejetos dos suínos. O farelo de pinhão manso detoxicado pode ser utilizado como alimento para suínos na fase de terminação.

Palavras- chave: Biodiesel. Co-produto.

NUTRITIONAL EVALUATION OF DETOXICATED *JATROPHA CURCAS* MEAL IN FINISHING PIG DIETS AND BIOGAS AND METHANE PRODUCTION FROM ANIMALS SLURRY

Abstract

The purpose of this work was evaluated the content of phorbol ester's (PE), total fenols (TF), total tannins (TT), condensed tannins (CT), saponins content (SPN), the aminoacids profile, the apparent digestibility of detoxicated Jatropha curcas meal for finishing pigs, as well as biogas and methane generated by the manure from pigs fed with this co-product. Apparent digestibility coefficients of dry matter (DM), gross energy (GE), crude protein (CP), crude fiber (CF) and ether extract (EE) were evaluated by food replacement methodology in a reference-feeding using 0.05% of chromic oxide as an external marker. Ten crossbreed pigs with 70 ± 1.95kg initial live weight were allotted to 10 metabolic cages, according to initial weight in a randomized complete block design with five replications (blocks) per treatment. Then, on the last day of the adaptation phase of the experiment digestibility, the manure from pigs were collected and added in PET bottles, with hydraulic retention time of seven days for further evaluation of biogas and methane produced in liters and liters / % Total Solids. The content of PE, TF, TT, CT, SPN, were, respectively, 0.06 mg/g, 26.08 and 10.43 equivalent gram of tanic acid, 0.05 equivalent gram of leucocianidin and 0.005%. Values of apparent digestible dry matter were 83.80%, 3.5 kcal/kg of apparent digestible energy, 13.45% of apparent digestible protein, 1.5% of apparent digestible fiber and 2.3% of apparent digestible ether extract. Regarding the generation of biogas and methane of manure from pigs fed with detoxicates *Jatropha curcas* meal not significantly affected (P> 0.05) the production of these. It is suggested that detoxicated *Jatropha curcas* meal is a promising co-product which may be used as food source in finishing pig diets, without affecting the generation of renewable energy.

Key words: Biodiesel. By-product.

4.1 Introdução

Na suinocultura brasileira, o gasto com alimentação representa cerca de 70% dos custos médios de produção de suínos para abate (GIROTTO; SANTOS FILHO, 2000).

O sucesso financeiro de qualquer granja está, portanto, diretamente, relacionado com os preços dos ingredientes das rações. Considerando-se que as rações são constituídas, basicamente, por milho e farelo de soja, que apresentam constante quadro de instabilidade de preços, é clara a necessidade da procura de novas alternativas que possam substituir economicamente esses ingredientes. Sendo assim, as pesquisas envolvendo a utilização de alimentos alternativos, com destaque para os subprodutos ou resíduos, resultantes do processamento industrial de produtos agrícolas e de práticas modernas de mecanização agrícola vêm ganhando atenção (GOMES, 2006).

A crescente preocupação mundial com o meio ambiente e a busca por fontes de energia renováveis, coloca o biodiesel no centro das atenções e interesses. Diversos países, dentre eles o Brasil, procuram o caminho do domínio tecnológico desse biocombustível, tanto em nível agronômico como industrial, o que deverá provocar fortes impactos na economia brasileira e na política de inclusão social do país (ABDALLA et al., 2008).

O Brasil possui quase duzentas espécies de plantas oleaginosas e palmáceas aptas para produção de óleo para biodiesel (BELTRÃO, 2006). O pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) é considerado promissor por seu elevado teor de óleo (25 a 40%), superior ao das demais oleaginosas utilizadas no mercado de biocombustíveis (ARRUDA et al., 2004).

A produção do biodiesel gera alguns subprodutos, os quais devem ser foco de análises mais detalhadas. A utilização do farelo do pinhão manso na alimentação animal desperta o interesse de vários pesquisadores, podendo ser utilizado na alimentação animal desde que tratamentos adequados sejam realizados para a redução ou eliminação de moléculas bioativas, tais como os ésteres de forbol (NEIVA JÚNIOR et al., 2007).

A análise química e os testes alimentares são os primeiros itens para determinar o potencial e o valor nutritivo de um alimento. As espécies animais aproveitam os alimentos de forma diferente, sendo essa variação quantificada mediante a determinação de seus coeficientes de digestibilidade. A digestibilidade de uma ração e/ou

alimento é definida como a habilidade com que o animal digere e absorve os nutrientes e a energia nela contidos. A determinação da digestibilidade dos nutrientes de um ingrediente é o primeiro cuidado quando se pretende avaliar seu potencial de inclusão em rações para animais (PEZZATO et al., 2004). Assim, objetivou-se com o presente estudo determinar a composição química, o conteúdo de ésteres de forbol, fenóis totais, taninos totais, taninos condensados, saponinas, o perfil de aminoácidos e avaliar a digestibilidade aparente do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) detoxicado para suínos na fase de terminação, além da geração de biogás e metano à partir dos dejetos dos animais.

4.2 Material e Métodos

Este trabalho foi realizado nas instalações do Laboratório de Nutrição Animal, do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, CENA/USP.

O farelo de pinhão manso utilizado foi coletado em uma indústria produtora de biodiesel, onde posteriormente foi detoxicado industrialmente.

4.2.1 Análises químicas

As análises bromatológicas foram realizadas segundo a AOAC (2005) e a composição aminoacídica obtida por meio de HPLC. Já as concentrações de ésteres de forbol foram analisadas seguindo o método de Makkar et al. (1997), os conteúdos de fenóis totais e taninos totais analisados pelo método Folin-Ciocalteu, os taninos condensados (proantocianidinas) pelo método butanol-HCl (MAKKAR, 2000) e a concentração de saponinas analisada pelo método de Makkar et al. (2007).

4.2.2 Digestibilidade aparente

Para a análise de digestibilidade aparente, foram utilizados dez suínos mestiços, machos castrados, com peso vivo médio inicial de 70 ± 1,95kg, distribuídos em delineamento de blocos casualizados, em função do peso vivo, em dois tratamentos, a ração-referência (RR) e a ração-teste (RT), e cinco repetições (blocos), sendo um animal por gaiola metabólica (unidade experimental).

Antes do período experimental, foram realizados testes de consumo de alimento para determinar o nível máximo de inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado à dieta referência, para que não houvesse prejuizo no consumo de alimento

pelos animais no periodo de coleta de fezes. Assim, a RT era constituida de 92,3% da RR e 7,7% do farelo de pinhão manso detoxicado. A ração referência foi formulada de acordo com as Tabelas Brasileiras de Exigências para aves e suínos (ROSTAGNO et al., 2005) conforme a Tabela 4.1.

Foi utilizado o método de coleta parcial de fezes e foi empregado o óxido crômico (Cr_2O_3) como marcador, adicionado às rações experimentais na concentração de 0,05%. Os animais foram pesados antes e ao final do ensaio, que teve a duração de treze dias, sendo sete dias de adaptação e medição do consumo voluntário de ração, três dias para adaptação e manutenção do fluxo do marcador e três dias de coleta de fezes. As quantidades das dietas fornecidas foram calculadas de acordo com o peso metabólico ($PV^{0,75}$) e umedecidas na proporção de 1:1 água e ração, sendo fornecidas aos animais em duas refeições diárias, às 08:00 e às 16:00 horas.

Na fase de adaptação, os animais foram estimulados a consumirem o máximo de ração e visando evitar sobras na fase de coleta, as quantidades de ração em cada tratamento foram baseadas no menor consumo dentre os animais do bloco, obtido no período de adaptação.

Tabela 4.1 – Composição percentual e nutricional da ração referência

Ingredientes	Ração-referência
Milho	81,35
Farelo de soja (45%)	16,07
Fosfato Bicálcico	0,82
Calcário	0,65
Suplemento vitamínico[1]	0,40
Suplemento mineral[2]	0,10
Sal	0,40
L-Lisina (78%)(HCl)	0,15
Sulfato de cobre (25%)	0,06
Valores calculados:	
EM, kcal/kg	3230
Proteína bruta, %	14,19
Metionina digestível, %	0,22
Metionina + cistina digestível, %	0,45
Lisina total, %	0,76
Lisina digestível, %	0,68
Treonina digestível, %	0,45
Cálcio, %	0,53
Fósforo total, %	0,44
Fósforo disponível, %	0,25

[1]Quantidades por kg de ração: vit. A - 2520 UI; vit. D_3 - 540 UI; vit. E - 9,9 UI; vit. K_3 - 0,72 mg; tiamina - 404 mcg; riboflavina - 1,98 mg; piridoxina - 404 mcg; vit. B_{12} - 8,1 mcg; ácido fólico – 225,2 mcg; ácido pantotênico - 6,3 mg; niacina - 12,6 mg; promotor de crescimento - 10 mg; Se - 0,24 mg.
[2] Quantidades por kg de ração: Cu - 9 mg; Fe - 81 mg; I – 0,9 mg; Mn - 54 mg; Zn - 135 mg.

A partir do consumo médio de ração na fase de adaptação, foi estabelecida a quantidade restrita de ração (QRR) fornecida durante os dias de coleta de fezes, de acordo com os seguintes cálculos:

QRR = I x Peso metabólico,

onde:

- QRR = Quantidade restrita de ração (kg);
- I = Índice = consumo médio de ração dos 7 dias (kg) / Peso metabólico;
- Peso metabólico (kg) = $(\text{Peso vivo})^{0,75}$

O índice I foi calculado para todos os animais, no entanto, foi adotado o menor valor de I, para o cálculo do QRR. Apesar de haver a padronização do valor de I, o CRR foi determinado individualmente, sendo calculado também em função do peso de cada animal. A água foi fornecida à vontade durante todo o período experimental.

Foram coletadas amostras de fezes diretamente do reto dos animais, duas vezes ao dia (08:00 e 16:00), as quais foram imediatamente acondicionadas em sacos plásticos identificados e congeladas

Posteriormente, as amostras de fezes foram descongeladas e homogeneizadas em uma única amostra composta. Estas amostras foram secas em bandejas apropriadas em estufas de circulação de ar forçada a 65ºC, durante 72 horas, moídas em moinho tipo Willey em peneira crivada de 1 mm. As amostras de fezes e rações foram analisadas para os teores de matéria seca, energia bruta, proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo e de óxido crômico. A determinação da porcentagem de óxido crômico nas amostras foi feita no Laboratório de Instrumentação Nuclear do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo, pela técnica de fluorescência de raios X por dispersão de energia (ZUCCHI; NASCIMENTO FILHO, 1995; NASCIMENTO FILHO et al., 1997). Foram calculados os valores médios de coeficiente de digestibilidade aparente da RR e da RT de acordo com Serrano (1989) e a partir desta, determinaram-se os valores dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, energia bruta, proteína bruta, fibra bruta e extrato etéreo do farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD), utilizando a equação proposta por Matterson et al. (1965).

4.2.3 Produção de biogás e metano à partir dos dejetos dos suínos

No último dia da fase de adaptação à gaiola no experimento de digestibilidade, os dejetos dos suínos foram coletados e adicionados na proporção de 250 mL de fezes e 250 mL de urina e 615 mL de água, em garrafas PET previamente identificadas, com volume total de 3125 mL, com tampas de borracha adaptadas a tampas de rosca, vedadas com cola de silicone para evitar que o gás produzido fosse perdido, acondicionadas em estufa de ventilação forçada a 40ºC, sem agitação e com tempo de retenção hidráulica (TRH) de sete dias, condições estas observadas por Souza et al. (2008) como sendo ideais para produção de biogás por dejetos de suínos, simulando as condições de um biodigestor de batelada, ou seja, sem fluxo continuo de efluentes e afluentes, para posterior quantificação do biogás e do metano (CH_4) produzido. Foram utilizados dois tratamentos, a Dieta Basal, de acordo com Rostagno et al. (2005) e a Dieta Basal acrescida de 8% (7,7% na MS) de farelo de pinhão manso detoxicado, através de dez garrafas (repetições) para cada tratamento. Cada garrafa foi dimensionada para armazenar dois litros de biogás e permitir a quantificação do biogás produzido, através do

uso de um medidor de pressão (transducer- modelo PDL800 - LANA-CENAUSP) adaptado de Theodorou et al. (1994) e seringa graduada (Figura 4.1), onde nos dois primeiros dias foi realizada calibração do aparelho e confecção da curva de resposta. Durante os sete dias foi mensurada a pressão exercida pelos gases para posterior determinação do volume de biogás de cada biodigestor (garrafa). Após cada horário de leitura da produção de gases pelos dejetos, foi armazenada uma alíquota de gás em tubos de ensaio previamente identificados e submetidos a vácuo, onde as determinações dos teores de metano (CH_4) foram feitas utilizando-se um cromatógrafo de fase gasosa, modelo CG-2014 GAS CHROMATOGRAPHA (Shimadzu). A calibração do equipamento foi feita com gás padrão fornecido pela empresa White Martins. Além disto, foram avaliados os teores de sólidos totais (AOAC, 2005) dos dejetos incubados em cada biodigestor (garrafa). Considerando-se o volume útil dos biodigestores de 2000 mL, foi determinada a produção volumétrica total de biogás e de metano, bem como a produção diária dos mesmos em mL/g de sólidos totais. Foi utilizado o delineamento de blocos casualizados, com dois tratamentos e dez repetições por tratamento, utilizando os dejetos dos animais do experimento de digestibilidade. Os dados foram analisados pelo SAS LAB para verificação da adequação dos dados ao modelo linear e em seguida foi feita a análise de variância pelo PROC GLM do SAS (SAS INSTITUTE, 2001).

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Análises químicas

Em relação às moléculas bioativas analisadas no farelo de pinhão manso detoxicado, o conteúdo de ésteres de forbol (0,06 mg/g) é inferior ao encontrado por Makkar et al. (1997) que, avaliando o conteúdo destes em variedades não tóxicas aos animais, encontraram o valor de 0,11 mg/g e ao valor obtido por Rakshit et al. (2008) que avaliando o farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de ratos, encontraram 0,2 mg/g de ésteres de forbol na dieta.

Chivandi et al. (2006), avaliando o efeito de diferentes métodos de detoxicação no farelo de pinhão manso com 0,8 mg/g de ésteres de forbol, observaram prejuízos significativos nos parâmetros sanguíneos em suínos. Os ésteres de forbol imitam a ação do diacilglicerol (DAG), inativador da proteína quinase C, que regula diferentes sinais de vias de tradução e outras atividades metabólicas, agindo como co-carcinogênico e causando efeitos celulares e bioquimicos diversos em diferentes espécies

de animais (GOEL et al., 2007). O conteúdo de ésteres de forbol depende do resíduo de óleo presente na torta ou no farelo após o processamento (RAKSHIT et al., 2008), o que justifica os valores obtidos neste estudo, visto que por se tratar de um estudo específico, o óleo foi quase que totalmente extraido para a obtenção do farelo e ainda o mesmo passou pelo processo de detoxicação.

Os valores de fenóis totais e taninos totais são semelhantes aos relatados por Makkar et al. (1998), porém o teor de taninos condensados é diferente dos encontrados pelos mesmos autores, que avaliando variedades tóxicas e não tóxicas de pinhão manso não encontraram taninos condensados em ambas as variedades. É importante destacar que há fatores que afetam a concentração de tanino nas plantas, entre os quais se destacam clima, nutrição mineral da planta e estágio de crescimento (WATERMAN; MOLE, 1995).

Tabela 4.2 – Teor de matéria seca e moléculas bioativas encontradas no farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD)[1]

Componentes	FPMD
Matéria Seca (100º C), %	96,50
Ésteres de Forbol, mg/g	0,06
Fenóis Totais[2],	26,08
Taninos Totais[2],	10,43
Taninos Condensados[3],	0,05
Saponinas, %	0,005

[1] Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (LANA/CENA/USP) e no Centro de Produção Animal nos Trópicos e Subtrópicos, Universität Hohenheim, Stuttgart, Alemanha.
[2] resultados em equivalente grama de ácido tânico.
[3] resultado em equivalente grama de leucocianidina

Os taninos podem afetar negativamente a ingestão de alimentos, a digestibilidade e o desempenho dos animais. Estes efeitos dependem muito da quantidade, do tipo de tanino ingerido e da tolerância do animal, sendo mais proeminentes nos animais não ruminantes. Teores acima de 1% de taninos condensados na dieta, bem acima dos valores obtidos neste estudo, afetam principalmente o consumo, a digestibilidade da proteína e dos aminoácidos essenciais (McDONALD et al., 1995).

O teor de saponina observado (0,005%) é semelhante aos relatados por Makkar et al. (1998) que avaliaram o conteúdo nutricional de sementes e do farelo de

pinhão manso detoxicado de variedades não tóxicas do México, e ainda aos observados por Belewu e Sam (2010) que avaliaram o conteúdo de diferentes moléculas bioativas do farelo de pinhão manso detoxicado por diferentes cepas de microrganismos.

As saponinas são glicosídeos presentes em grande parte dos ingredientes de dietas para animais. Caracterizam-se pelo sabor amargo, capacidade de formar espuma em soluções aquosas, provocar hemólise e, ainda, de se complexarem em esteróides, além disto, seus efeitos antinutricionais também estão relacionados às modificações na permeabilidade da mucosa intestinal, inibindo o transporte de alguns nutrientes, facilitando a absorção de outros compostos (FRANCIS et al., 2001a).

Em relação aos aminoácidos analisados do farelo de pinhão manso detoxicado (Tabela 4.3), os conteúdos foram ligeiramente inferiores aos encontrados por Makkar et al. (1998), que relataram os valores de arginina (12,9%), cistina (1,58%), fenilalanina (4,89%), histidina (3,08%), isoleucina (4,85%), leucina (7,5%), lisina (3,4%), metionina (1,76%), tirosina (3,78%), treonina (3,59%), triptofano (1,31%) e valina (5,3%). Segundo os autores a composição química do pinhão manso varia conforme a fonte, sendo similar à do farelo de soja, apresentando apenas menor valor de lisina e maior valor de aminoácidos sulfurados.

Tabela 4.3 – Composição de aminoácidos do farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD)[1]

Aminoácido[1], % na MS	FPMD
Alanina	2,19
Arginina	5,94
Ácido Aspártico	4,16
Glicina	1,98
Isoleucina	1,93
Leucina	2,93
Ácido Glutâmico	7,44
Lisina	1,24
Cistina	0,71
Metionina	0,76
Fenilalanina	1,81
Tirosina	1,28
Treonina	1,53
Triptofano	0,50
Prolina	1,83
Valina	2,30
Histidina	1,09
Serina	2,14

[1]Valores obtidos por meio de HPLC no laboratório de nutrição animal da CBO Análise, Campinas/SP.

4.3.2 Digestibilidade aparente

A energia bruta do farelo de pinhão manso detoxicado, determinada neste ensaio, é de 5.900 kcal/kg e o coeficiente de digestibilidade aparente da energia é de 59,6%, proporcionando o valor de energia digestível aparente de 3.500 kcal/kg (Tabela 4.4). Desse modo, o farelo de pinhão manso detoxicado pode considerado uma excelente fonte de energia, visto que o valor de energia digestível (3.500 kcal/kg) é similar ao do milho (ROSTAGNO et al., 2005) e a outros cereais considerados alimentos energéticos, tais como o sorgo de baixo tanino, o triticale e o trigo, os quais possuem valores médios de energia digestível de 3.794 (FERREIRA et al., 1997), 3.236 (FURLAN et al., 1999; RADECKI; MILLER, 1990) e 3.300 kcal/kg (LIMA; VIOLA, 2001), respectivamente.

Tabela 4.4 – Composição química, teor de energia bruta, coeficientes de digestibilidade aparente (CDap) e Nutriente Digestível aparente (NDap) do farelo de pinhão manso detoxicado para suínos na fase de terminação

Item	Composição Química	CDap, %	NDap
Matéria Seca, %	96,5	86,8	83,8
Energia Bruta, kcal/kg	5,900	59,6	3,500
Proteína Bruta, %	51,1	26,3	13,5
Fibra Bruta, %	4,3	34,5	1,5
Extrato Etéreo, %	21,9	10,2	2,24

[1]Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (LANA/CENA/USP)

Quanto à proteína bruta e sua digestibilidade, foram observados o valor de 51,1% de proteína bruta, valor este considerado excelente para fontes protéicas, no entanto, o coeficiente de digestibilidade aparente da proteína foi de apenas 26,3%, proporcionando o valor de proteína digestível de 13,5%. Esses valores são inferiores quando comparados com valores de proteína digestível de outros farelos de oleaginosas consideradas como fontes protéicas e fonte de óleo para a produção do biodiesel.

Em perus, Boguhn et al. (2010) avaliando a digestibilidade dos aminoácidos do farelo de pinhão manso detoxicado, concluíram que a digestibilidade dos mesmos, para animais jovens, é alta em comparação com outros ingredientes para animais da mesma espécie, sendo, portanto, possível utilizá-lo como ingrediente na dieta.

Além do farelo de soja, mundialmente utilizado como ingrediente protéico na dieta de animais, alguns alimentos considerados co-produtos destas oleaginosas, como o farelo de algodão, amendoim e canola, apresentam respectivamente 25%, 44% e 26% de proteína digestível para suínos (ROSTAGNO et al., 2005).

Assim, fica evidenciado que o farelo de pinhão manso detoxicado, embora possua alto nível de proteína bruta em sua composição, este nutriente é pouco aproveitado pelos suínos. Provavelmente, a presença de moléculas bioativas, tais como inibidores de proteases, saponinas, taninos e fitatos prejudicaram a digestibilidade deste nutriente, o que demonstra que o farelo utilizado neste estudo não fora totalmente detoxicado. Outra possível justificativa para o baixo coeficiente de digestibilidade da proteina bruta observado neste estudo, talvez seja devido à baixa inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado na dieta teste em virtude da baixa aceitação pelos animais.

Quanto ao teor de fibra bruta, foi observado o valor de 4,3%, com o

coeficiente de digestibilidade aparente de 34,5%, proporcionando o valor de fibra digestível de 1,1%. Verifica-se que o farelo de pinhão manso detoxicado apresenta menor conteúdo de fibra bruta e digestibilidade superior quando comparado aos valores obtidos no farelo de algodão (25%) (ROSTAGNO et al., 2005). Em relação ao teor de extrato etéreo, foi observado o valor de 21,9% e o coeficiente de digestibilidade aparente de 10,2%, proporcionando o valor de extrato etéreo digestível de 2,2%.

O valor nutricional de determinados alimentos depende principalmente do teor e da disponibilidade biológica dos nutientes e ainda, da presença e dos níveis de substâncias tóxicas ou moléculas bioativas, as quais podem alterar essa composição ou tornar indisponíveis alguns destes nutrientes (PEZZATO, 1995).

4.3.3 Produção de biogás e metano à partir dos dejetos dos suínos

Os valores médios da produção volumétrica acumulada por grama de sólidos totais de biogás e metano estão apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Produção de Biogás e Metano em mL/g de Sólidos Totais de dejetos de suínos alimentados com Dieta Basal (DB) e Dieta Basal + 8% de FPMD (DB8%)

	DB	DB8%	P	CV, %
Biogás (mL/g de ST)	1201,37	1089,27	NS	25,2
Metano (mL/g de ST)	246,71	218,16	NS	29,8

As curvas de produção de biogás e de metano (mL/g de Sólidos Totais) pelos dejetos de suínos, bem como a de produção acumulada de biogás e metano (mL) são mostradas nos gráficos 1 e 2, respectivamente.

Em estudos de Miranda (2005) foram verificados potenciais médios de produção de biogás de 0,489; 0,566 e 0,768 m^3/kg de Sólidos Totais (ST), em biodigestores abastecidos com fezes de suínos, submetidos a temperatura de 35 ºC e com tempo de retenção hidráulica (TRH) de 30 dias, sendo estes resultados inferiores aos encontrados neste estudo.

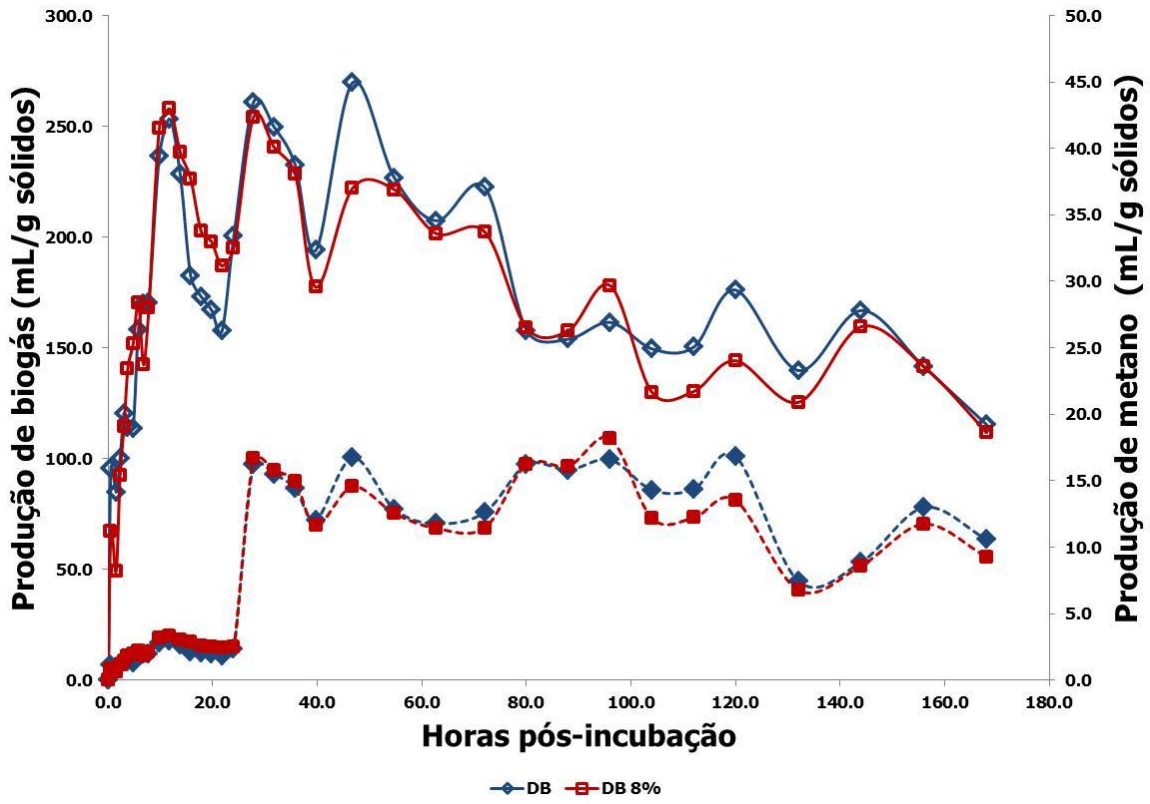

Gráfico 1 – Produção de biogás e de metano pelos dejetos de suínos alimentados com Dieta Basal (DB) e Dieta Basal + 8% de FPMD (DB8%) em mL/g de Sólidos Totais

A produção de biogás (1201,4; 1089,3 mL/g de Sólidos Totais) e de metano (246,7 e 218,2 mL/g de Sólidos Totais) a partir dos dejetos de suínos em terminação, alimentados com dieta basal e dieta contendo farelo de pinhão manso detoxicado são compatíveis com os encontrados por Souza et al. (2008), avaliando diferentes tempos de retenção hidráulica e temperaturas de incubação de dejetos de suínos. A proporção de metano em relação ao biogás gerado foi de 20,5% e 20,35% para os tratamentos DB e DB8%, valores esses muito abaixo de 60 a 70%, teorizados por Hansen (s/d) apud Miranda (2009) como normais. Tal fato ocorreu, provavelmente, em virtude do baixo tempo de retenção hidráulica (7 dias) exercido no presente estudo, corroborando com Lucas Junior (1994) que avaliando os efeitos dos tempos de retenção hidráulica 50, 30, 20 e 15 dias, no processo de biodigestão anaeróbia de estrume de suínos, verificou que a maior eficiência é obtida no TRH de 30 dias, ocorrendo pior aproveitamento do estrume no TRH de 15 dias.

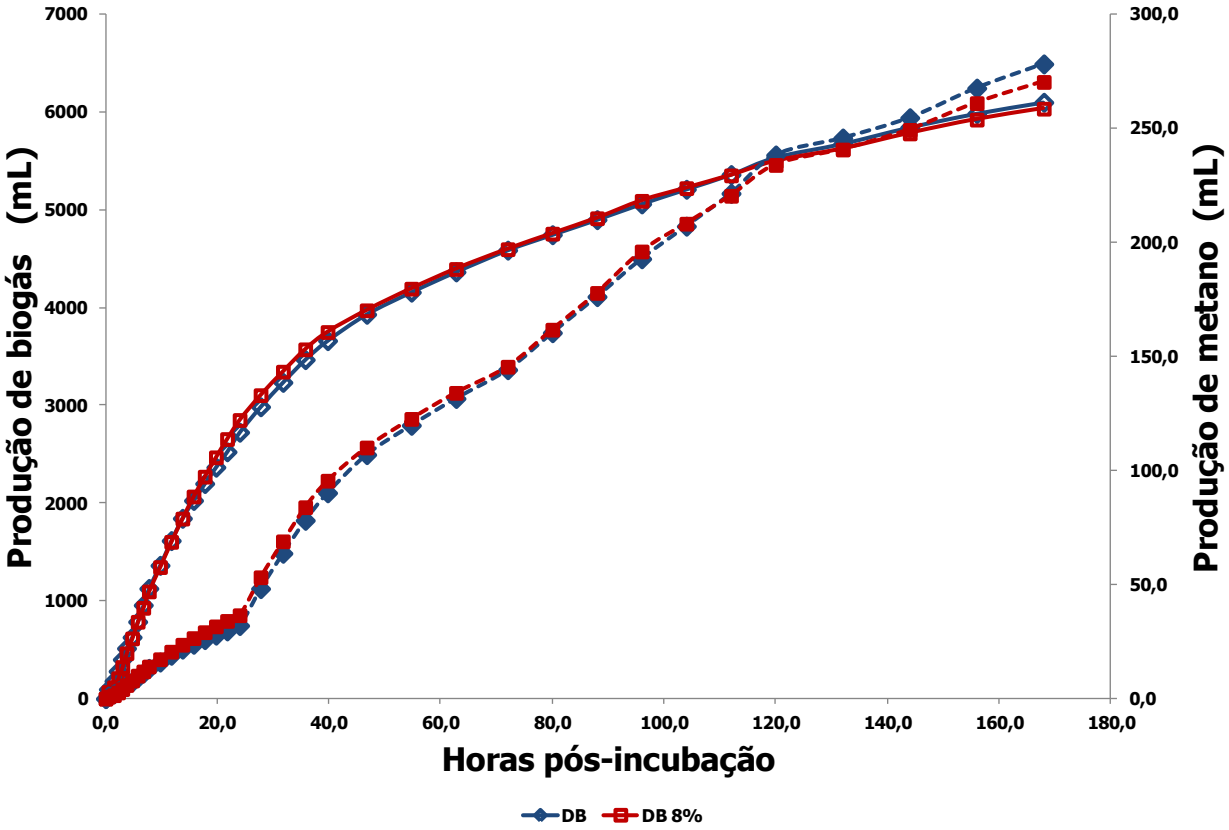

Gráfico 2 – Produção de biogás e de metano acumulado pelos dejetos de suínos alimentados com dieta basal (DB) e dieta basal + 8% de FPMD (DB8%) em mL/g de Sólidos Totais

Em virtude destes resultados, o farelo de pinhão manso detoxicado pode ser utilizado na dieta dos suínos em terminação sem afetar a geração de energia renovável à partir dos dejetos dos animais.

4.4 Conclusões

Embora o farelo de pinhão manso detoxicado tenha apresentado baixa digestibilidade aparente dos nutrientes para suínos, a geração de biogás e metano à partir dos dejetos dos animais não foi comprometida.

Referências

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, n.esp, p.258-260, 2008.

ADERIBIGBE, A. O.; JOHNSON, C. O. L. E.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; FOIDL, N. Chemical composition and effect of heat on organic matter- and nitrogen-degradability and some antinutritional components of Jatropha meal. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.67, p.223-243, 1997.

AREGHEORE, E. M.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Assessment of lectin activity in a toxic and a non-toxic variety of Jatropha curcas latex agglutination and haemagglutination methods and inactivation of lectin by heat treatments. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v.77, n.3, p.349-352, 1998.

ARRUDA, F. P.; BELTRÃO, N. E. M.; ANDRADE, A. P.; PEREIRA, W. E.; SEVERINO, L. S. Cultivo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) como alternativa para o Semi-Árido nordestino. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.8, p.789-799, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of Analysis**. 18. ed. Washington, DC, 2005.

BELEWU, M. A.; SAM, R. Solid state fermentation of *Jatropha curcas* kernel meal: Proximate composition and antinutritional components. **Journal of Yeast and Fungal Research**, Victoria Island, Lagos, v.1, n.3, p.44-46, 2010.

BELTRÃO, N. E. M. **Considerações gerais sobre o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) e a necessidade urgente de pesquisas, desenvolvimento e inovações tecnológicas para esta planta nas condições brasileiras**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário - Secretaria da Agricultura Familiar, 2006. Disponível em: www.mda.gov.br/saf/arquivos/0705910897.doc. Acesso em: 14 abr. 2009.

CHIVANDI, E.; ERLWANGER, K. H.; MAKUZA, S. M.; READ, J. S.; MTIMUNI, J. P. Effects of dietary *Jatropha curcas* meal on Percent Packed Cell Volume, Serum Glucose, Cholesterol and Triglyceride concentration and Alpha-Amylase activity of weaned fattening pigs. **Research Journal of Animal and Veterinary Sciences**, Ma´an, Jordan, v.1, p.18-24, 2006.

CLINE, J. L.; FISHER, B. A.; TROTTIER, N. L.; WALKER, R. D.; EASTER, R. A. Effect of feeding MICRO-AID on stillbirths, preweaning mortality, blood oxygen values of piglets and blood urea nitrogen in sows. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.74, p.189, 1996. Suppl. 1.

FRANCIS, G.; MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K. Antinutritional factorspresent in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. **Reviews in Aquaculture**, New York, v.199, p.197–227, 2001.

GIROTTO, A. F.; SANTOS FILHO, J. J. **Custo de produção de suínos**. Concórdia: Embrapa Semi-Árido, 2000. 36p. (Documentos, 62).

GOEL, G.; MAKKAR, H. P. S.; FRANCIS, G.; BECKER, K. Phorbol esters: structure, biological activity, and toxicity in animals. **International Journal of Toxicology**, Denver, v.26, n.4, p.279-288, 2007.

GOMES, J. D. F. Efeitos do incremento da fibra em detergente neutro na dieta de suínos sobre a morfologia dos órgãos digestivos e não digestivos. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, São Paulo, v.43, n.2, p.202-209, 2006.

GÜBITZ, G. M.; MITTELBACH, M.; TRABI, M. Exploitation of the tropical oil seed plant Jatropha curcas L. **Bioresource Technology**, Fayetteville, v.67, p.73-82, 1999.

MAKKAR, H. P. S. **Quantification of tannins in tree foliage**. Vienna: FAO; IAEA, 2000.

MAKKAR, H. P. S.; ADERIBIGBE, A. O; BECKER, K. Comparative evaluation of a non-toxic and toxic varieties of Jatropha curcas for chemical composition, digestibility, protein degradability and toxic factors. **Food Chemistry**, Barking, v.62, p.207-215, 1998.

MAKKAR, H. P. S.; BECKER, K.; SPORER, F. et al. Studies on nutritive potential and toxic constituents of different provenances of Jatropha curcas. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.45, p.3152-3157, 1997.

MAKKAR, H. P. S.; SIDDHURAJU, P.; BECKER, K. **Plant secondary metabolites**. Totowa: Humana Press, 2007. 129p.

MARTINEZ-HERRERA, J.; SIDDHURAJU, P.; FRANCIS, G.; DÁVILA-ORTÍZ, G.; BECKER, K. Chemical composition, toxic/antimetabolic constituents, and effects of different treatments on their levels, in four provances of *Jatropha curcas* L. from Mexico. **Food Chemistry**, Barking, v.96, p.80-89, 2006.

MATTERSON, L. D.; POTTER, L. M.; STUTZ, M. W.; SINGSEN, E. P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. **Research Report**, New Haven, v.7, n.1, p.11-14, 1965.

McDONALD, P.; EDWARDS, R. A.; GREENHALGH, J. F. D.; MORGAN, C. A. **Animal nutrition**. 5. ed. Zaragoza: Acribia, 1995. 576p.

MIRANDA, A. P. **Influência da temperatura e do tempo de retenção hidráulica em biodigestores alimentados com dejetos de bovinos e suínos**. 2005. 113 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2005.

MIRANDA, A. P. **Suínos em diferentes fases de crescimento alimentados com milho ou sorgo**: desempenho, digestibilidade e efeitos na biodigestão anaeróbia. 2009. 123 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2009.

NASCIMENTO FILHO, V. F.; ABDALLA, A. L.; KORNDORFER, C. M. et al. Sensibilidades analíticas de diferentes modos de excitação em fluorescência de raios X para medida de traçadores em fezes de animais. In: ENCONTRO CIENTÍFICO DOS PÓS-GRADUANDOS DO CENA/USP, 3., 1997, Piracicaba. **Resumos...** Piracicaba: CENA/USP, 1997. p.69.

NEIVA JUNIOR, 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., Brasília, DF, 2007. **Anais…** Brasília, DF: REDEBIO, 2007. 1 CD-ROM.

PEZZATO, L. E. Alimentos convencionais e não-convencionais disponíveis para indústria da nutrição de peixes no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE PEIXES E CRUSTÁCEOS, 1995, Campos do Jordão. **Proceedings...** Campos do Jordão: CBNA, 1995. p.33-52.

PEZZATO, L. E.; MIRANDA, E. C.; BARROS, M. M.; FURUYA, W. M.; PINTO, L. G. Q. Digestibilidade aparente da material seca e da proteína bruta e a energia digestível de alguns alimentos alternativos pela tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Acta Scientiarum – Animal Sciences**, Maringá, v.26, n.3, p. 329-337, 2004.

RAKSHIT, K. D.; DARUKESHWARA, J.; RATHINA RAJ, K.; NARASIMHAMURTHY, K.; SAIBABA, P.; BHAGYA, S. Toxicity studies of detoxified Jatropha meal (*Jatropha curcas*) in rats. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v.46, p.3621-3625, 2008.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SERRANO, V. O. S. **Digestibilidade dos aminoácidos de suplementos protéicos em suínos, submetidos ou não a anastomose íleo-retal**. 1989. 55 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1989.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; MCALLAN, A. B.; FRANCE, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.48, p.185-197, 1994.

YEN, J. T.; POND, W. G. Effects of carbadox, copper, or Yucca schidigera extract on growth performance and visceral weight of young pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.71, p.2140-2146, 1993.

ZUCCHI, O. L. A. D.; NASCIMENTO FILHO, V. F. Caracterização qualitativa e quantitativa de elementos, pela técnica de fluorescência de raios X, em suplementos minerais para animais. I. Dispersão de comprimento de onda. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.30, n.12, p.1427-1439, 1995.

5 FARELO DE PINHÃO MANSO (*JATROPHA CURCAS* L.) DETOXICADO NA DIETA DE SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão de níveis crescentes (0, 2, 4, 6, 8%) de FPMD na dieta de suínos na fase de terminação sob os parâmetros de desempenho, características de carcaça, qualidade da carne e toxicidade do FPMD. Foram utilizados 60 suínos híbridos comerciais, com 120 dias de idade e peso vivo médio inicial 71 ± 3,3kg, distribuídos em 30 baias de acordo com o sexo e peso vivo, sendo um macho castrado e uma fêmea por baia (unidade experimental), em um delineamento em blocos casualizados com seis repetições (blocos) por tratamento. Os animais receberam rações isonutritivas e água à vontade durante toda a fase experimental. Ao atingirem 150 dias de idade, os animais foram abatidos e as carcaças avaliadas para o rendimento de carcaça quente, comprimento de carcaça, espessura média de toicinho, área de olho de lombo e calculada a relação gordura/carne. Foram coletadas amostras de sangue, para análise de enzimas transaminazes hepáticas, e ainda amostras do músculo *Longissimus dorsi* para medição do pH, cor e perda de água por gotejamento. A inclusão do FPMD apresentou respostas quadráticas negativas sobre o peso final; ganho diário de peso e consumo diário de ração. Embora tenha ocorrido redução no desempenho dos animais em função da inclusão do FPMD, é importante ressaltar que, quando comparados os resultados do tratamento controle (0%) e a inclusão de 2% de FPMD, após análise de contraste específico, não foi observada diferença significativa entre as variáveis de peso final, ganho diário de peso e conversão alimentar, havendo apenas redução significativa no consumo diário de ração. Nas variáveis de características de carcaça, a inclusão de FPMD apresentou respostas lineares negativas para o rendimento de carcaça quente, espessura média de toicinho, além de respostas quadráticas negativas no comprimento de carcaça. Após comparação entre o tratamento controle (0%) e a inclusão de 2% de FPMD na dieta, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos. Em relação à qualidade da carne, não houve efeito significativo sobre as variáveis, mesmo após a decomposição dos graus de liberdade do fator nível de FPMD. Quanto as enzimas transaminases hepáticas, a alanina aminotransferase não foi alterada em função da inclusão do FPMD, no entanto, para a aspartato aminotransferase, a inclusão deste co-produto ocasionou respostas

quadráticas negativas. Em virtude do apresentado, mesmo embora a inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado tenha promovido alguns aspectos deletérios, de modo geral, este co-produto pode participar em até 2% nas dietas de suínos na fase de terminação.

Palavras-chave: Biodiesel. Carcaça. Carne. Desempenho. Subproduto.

DETOXICATED *JATROPHA CURCAS* MEAL IN FINISHING PIG DIETS

Abstract

The aim of this study was evaluated the effects of increasing levels of inclusion (0, 2, 4, 6, 8%) of DJCM at the diet of finishing pigs under the parameters of performance, carcass characteristics, meat quality and toxicity of DJCM. Sixty commercial hybrid pigs were used (120 days of age and initial live weight of 71 ± 3 kg), spread across 30 stalls according to sex and body weight, being a castrated male and a female by pen (experimental unit). The animals had access to iso-nutritional rations and water for the entire trial period. To reach 150 days old, the animals were slaughtered and the carcasses evaluated for the warm carcass yield, carcass length, average thickness of fat, loin eye area and calculated the fat/meat ratio. Yet, it was collected blood samples for analysis of hepatic enzymes as well as samples of the Longissimus dorsi muscle for measurement of pH, color and drip water loss. The inclusion of DJCM presented negative quadratic responses on the final weight; daily weight gain and daily consumption of rations. Although there has been a reduction in performance depending on the inclusion of DJCM, it is important to note that when comparing treatment outcomes of control (0%) and the addition of 2% of DJCM, after specific contrast analysis, it was not observed significant difference among the variables of final weight, daily weight gain, feed conversion and only significant reduction in the daily ration consumption. The inclusion of DJCM showed negative linear responses for warm carcass yield and average thickness of fat. It was found negative quadratic responses for the length of the carcass. After comparing the control treatment (0%) and the addition of 2% of DJCM in diet, not significant difference was observed between treatments. In relation to the quality of the meat, there was no significant effect, even after decomposition of degrees of freedom of the DJCM level factor. For the liver enzymes evaluation, TGP has not changed with the inclusion of DJCM, however, for TGO, the inclusion of co-product caused negative quadratic responses. Although the inclusion of DJCM may promote some deleterious aspects, in general, the DJCM can be included up to 2% in finishing pig diets.

Keywords: Biodiesel. By-Product. Carcass. Meat. Performance.

5.1 Introdução

A suinocultura brasileira vem ocupando posição de destaque no cenário mundial, e o Brasil está entre os países mais desenvolvidos no setor. No entanto, freqüentes instabilidades no mercado no que diz respeito à oferta, e custo dos alimentos usados nas rações para suínos, determinam conseqüências negativas nos custos de produção e na lucratividade da atividade. Isso tem induzido produtores e pesquisadores a buscarem fontes alternativas para a substituição de alimentos tradicionais como milho e farelo de soja nas dietas dos animais.

Assim, estudos voltados para o conhecimento de alimentos considerados alternativos, co-produtos ou subprodutos, que possam substituir parcialmente o milho e o farelo de soja nas dietas de suínos, tornam-se imprescindíveis.

Atualmente, além do crescimento da produção de carnes no Brasil e no mundo, tem sido intensificada a produção de fontes de energia renovável, e dentre estas tem recebido grande atenção o biodiesel. Porém, o aumento da produção de biodiesel só poderá ser economicamente viabilizado, se forem encontradas novas aplicações para os co-produtos gerados, visto que são produzidos grandes volume de farelos e tortas oriundos do esmagamento das oleaginosas para a extração de óleo para posterior produção deste biocombustivel. Dentre as diversas oleaginosas atualmente utilizadas, o pinhão manso (*Jatropha curcas* L.) merece destaque, visto que as sementes possuem alta porcentagem de óleo (50 e 60% quando a extração é feita por solventes e cerca de 35% quando a extração é por pressão) (OPENSHAW, 2000).

Diferentes estudos demonstram que as sementes do pinhão manso possuem moléculas bioativas, como os ésteres de fórbol, que causam sinais clínicos como diarréia, dispnéia e desidratação (BECKER; MAKKAR, 1998) em diferentes espécies de animais. No entanto, se estas moléculas forem removidas obtém-se um farelo com valor nutricional e econômico adequado (AREGHEORE et al., 2003), podendo ser utilizado como fonte alimento para diferentes espécies de animais incluindo os suínos. Dessa maneira, objetivou-se com o presente estudo, avaliar o desempenho, as características de carcaça, a qualidade da carne e as análises das enzimas transaminases hepáticas de suínos alimentados com dietas com níveis crescentes (0, 2, 4, 6 e 8%) de farelo de pinhão manso detoxicado durante a fase de terminação.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Instalações experimentais e animais

Foi conduzido um experimento nas instalações da granja suinícola São Pedro, localizada no município de Cordeirópolis, estado de São Paulo. A granja faz a criação dos animais em ciclo completo e possui cinco setores: gestação, maternidade, creche, crescimento e terminação. O galpão onde os animais foram alojados (terminação) durante o experimento possui 60 baias com divisórias de alvenaria, dispostas em duas fileiras de 30 baias de cada lado, dentre as quais, durante o experimento, foram utilizadas 30 destas.

As baias experimentais, equipadas com bebedouro tipo chupeta e comedouro semi-automático, possuíam piso parcialmente ripado.

Foram utilizados 60 suínos híbridos comerciais com peso médio inicial 70,7 ± 3,3kg, distribuídos em 30 baias (unidade experimental), de acordo com o peso vivo dos animais, sendo cada parcela constituída por uma fêmea e um macho castrado. Os animais foram adquiridos da própria granja na qual foi realizado o experimento. Antes do início do experimento, todos os animais foram transferidos para o galpão de terminação, onde passaram por um período de adaptação de uma semana recebendo dieta basal.

5.2.2 Tratamentos

Durante o experimento os animais receberam dietas isoproteicas e isoenergéticas e água à vontade. As dietas avaliadas foram:

a) Dieta basal de milho e farelo de soja;
b) Dieta basal com inclusão de 2% de farelo de pinhão manso detoxicado;
c) Dieta basal com inclusão de 4% de farelo de pinhão manso detoxicado;
d) Dieta basal com inclusão de 6% de farelo de pinhão manso detoxicado;
e) Dieta basal com inclusão de 8% de farelo de pinhão manso detoxicado;

As dietas experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2005), sendo que as composições percentuais e os valores calculados de alguns nutrientes encontram-se na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Composição centesimal e nutricional das dietas experimentais

	FPMD na dieta, %				
Ingrediente	0	2	4	6	8
Milho Grão	81,2	81,7	82,2	82,7	83,2
Óleo de soja	0,16	0,14	0,11	0,07	0,04
Farelo de soja	16,2	13,6	11,0	8,4	5,7
Farelo de pinhão manso detoxicado	0,00	2,00	4,00	6,00	8,00
Sal Comum	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Calcário	0,53	0,51	0,50	0,48	0,47
Fosfato Bicálcico	0,82	0,85	0,87	0,90	0,92
DL- Metionina (99%)	0,00	0,0009	0,02	0,05	0,08
L-Lisina.HCl (78%)	0,15	0,23	0,32	0,40	0,48
L-Treonina (98%),	0,00	0,04	0,08	0,12	0,17
L- Triptofano	0,00	0,01	0,03	0,04	0,06
Sulfato de cobre (25%)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Suplemento vitamínico[1]	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Suplemento mineral[2]	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Valores calculados:					
ED, Mcal/kg	3,40	3,40	3,40	3,40	3,40
Proteína bruta, %	14,50	14,50	14,50	14,50	14,50
Metionina digestível, %	0,22	0,21	0,22	0,23	0,24
Lisina total, %	0,77	0,79	0,81	0,83	0,84
Lisina digestível, %	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
Treonina digestível, %	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45
Cálcio, %	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Fósforo total, %	0,44	0,47	0,50	0,53	0,56
Fósforo disponível, %	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

[1]Quantidades por kg de ração: vit. A - 2520 UI; vit. D_3 - 540 UI; vit. E - 9,9 UI; vit. K_3 - 0,72 mg; tiamina - 404 mcg; riboflavina - 1,98 mg; piridoxina - 404 mcg; vit. B_{12} - 8,1 mcg; ácido fólico – 225,2 mcg; ácido pantotênico - 6,3 mg; niacina - 12,6 mg; promotor de crescimento - 10 mg; Se - 0,24 mg.
[2]Quantidades por kg de ração: Cu - 9 mg; Fe - 81 mg; I – 0,9 mg; Mn - 54 mg; Zn - 135 mg.

5.2.3 Experimento de Desempenho

Foram utilizados 60 suínos híbridos comerciais com 120 dias de idade e peso médio inicial 70,7 ± 3,3kg, distribuídos em 30 baias (unidade experimental), de acordo com o peso vivo, sendo cada baia constituída por uma fêmea e um macho castrado.

Para determinar o ganho diário de peso, o consumo diário de ração e a conversão alimentar dos animais, a dieta fornecida, as sobras de ração e os animais, foram pesados no início, semanalmente e ao término do experimento.

5.2.4 Características de carcaça

Ao atingirem 150 dias de idade, um animal por unidade experimental, foi selecionado de acordo com o peso vivo mais próximo ao peso médio de cada tratamento dentro do bloco, totalizando trinta animais, sendo deste total, quinze machos e quinze fêmeas, os quais foram abatidos, depilados, eviscerados, cortados ao meio longitudinalmente e as carcaças pesadas para calcular o rendimento de carcaça quente. Posteriormente, as meias-carcaças foram avaliadas segundo o Método Brasileiro de Classificação de Carcaças (ABCS, 1973), sendo mensurados o comprimento de carcaça, a espessura média de toicinho, área de olho de lombo e calculada a relação gordura/carne.

5.2.5 Qualidade da carne

Após a avaliação das carcaças, foram retiradas amostras do músculo *Longissimus dorsi* e levadas ao Laboratório de Qualidade de Carnes do abatedouro e frigorífico, onde permaneceram por 24 horas em câmara fria a 4ºC antes de serem analisadas.

5.2.5.1 Cor instrumental

Para análise de cor instrumental, foram retiradas amostras de 2,5 cm do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal, totalizando 30 amostras, onde foram mensuradas a luminosidade (L), a tendência ao vermelho (a) e a tendência ao amarelo (b).

A cor foi determinada com o auxílio de um colorímetro portátil (mod. MiniScan XE, marca HunterLab), utilizando-se a escala L*, a*, b*, do sistema CIE Lab, com fonte de luz de D65, ângulo de observação de 10º e abertura da célula de medida de 30mm.

As coordenadas CIE L*a*b* das amostras foram obtidos pela movimentação do aparelho, em quatro posições adjacentes, de tal forma que toda a superfície disponível do corte fosse amostrada.

5.2.5.2 pH

Após a análise de cor instrumental, as mesmas amostras foram aproveitadas para mensurar o pH da carne, onde foi utilizado um aparelho portátil modelo DT50, com calibração de 4 pontos e compensação automática de temperatura, o qual apresenta sensor

de temperatura e com eletrodo de pH de corpo de vidro, marca DIGIMED. As medições foram realizadas em quatro pontos da amostra retirada do músculo.

5.2.5.3 Perda de água por gotejamento (Drip Loss)

Para a análise de perda de água por gotejamento, foram retiradas amostras de 2,5 cm do músculo *Longissimus dorsi* de cada animal, totalizando 30 amostras, as quais foram pesadas e suspensas em uma rede de nylon no interior de um saco plástico. Após 72 horas na câmara fria a 4 ºC, as amostras foram secas e repesadas. Sendo os dados expressos em porcentagem de perda em relação ao peso inicial da amostra (DIRINCK et al., 1996).

5.2.6 Análises das enzimas transaminases hepáticas

Durante o abate, foram coletadas amostras do sangue dos suínos em tubos pré identificados. Após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório e centrifugadas a 3000 rpm para a separação do soro.

As atividades enzimáticas sérica das enzimas alanina aminotransferase (ALT) e aspartato-aminotransferase (AST) foram determinadas por meio de análise colorimétrica e leitura da atividade catalisadora efetuada em espectrofotômetro, com temperatura entre 20 e 30ºC, sendo determinadas pelo uso de kit comercial.

5.2.7 Delineamento experimental e análise dos dados

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com cinco tratamentos e seis repetições (blocos) por tratamento. Os dados foram analisados pelo SAS LAB para verificação da adequação dos dados ao modelo linear. Em seguida, foi feita análise de variância pelo PROC GLM do SAS (SAS INSTITUTE, 2009). Além disso, foi realizada a decomposição dos graus de liberdade do fator nível em seus componentes individuais (linear, quadrático, cúbico e de quarto grau) de regressão, através dos polinômios ortogonais. Posteriormente, foram testados contrastes específicos de interesse prático (C1= tratamento controle x média dos tratamentos 2, 4, 6 e 8% de FPMD e C1= tratamento controle x tratamento 2% de FPMD). Para as características de carcaça os dados foram ajustados por covariância para o peso de abate pelo PROC MIXED do SAS.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 Desempenho

As médias de peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) dos animais são apresentadas na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 - Médias de peso vivo inicial (PVI), peso vivo final (PVF), consumo diário de ração (CDR), ganho diário de peso (GDP) e conversão alimentar (CA) de suínos alimentados com níveis crescentes de farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD) na dieta durante a fase de terminação

Variáveis	FPMD, %					Regressão[1]				CV[2], %
	0	2	4	6	8	L	Q	C	QG	
PVI, kg	70,80	70,20	70,60	70,10	71,00	..	..	..	..	..
PVF, kg	100,75	94,83	79,00	74,33	78,68	NS	0,001	NS	NS	8,41
GDP, kg/dia	1,00	0,86	0,28	0,20	0,26	NS	0,001	NS	NS	38,42
CDR, kg/dia	3,16	2,70	1,54	1,35	1,49	NS	0,001	NS	NS	16,28
CA	3,22	3,25	4,93	7,00	5,50	NS	0,05	NS	NS	37,81

Equações de Regressão		R^2
PVF, kg	$y = 102,97 + 0,5655x^2 - 7,7571x$	0,74
GDP, kg/dia	$y = 1,0674 + 0,0142x^2 - 0,2185x$	0,79
CDR, kg/dia	$y = 3,2828 + 0,034x^2 - 0,5039x$	0,92
CA	$y = 1,8942 - 0,1423x^2 + 1,977x$	0,12

[1]Regressão: L = efeito linear; Q = efeito quadrático; C = efeito cúbico; QG = quarto grau
[2]Coeficiente de Variação
NS = não significativo
Nota : Sinal convencional utilizado:
.. Não se aplica dado numérico.

A inclusão do FPMD determinou respostas quadráticas negativas (P<0,001) sobre o peso final (100,75; 94,83; 79,00; 74,33; 78,67 kg); ganho diário de peso (1,00; 0,86; 0,28; 0,20; 0,24 kg/dia), consumo diário de ração (3,16; 2,70; 1,54; 1,35; 1,49) e conversão alimentar (3,22; 3,25; 4,93; 7,00; 5,50) dos suínos alimentados com 2, 4, 6 e 8% de FPMD na ração.

Na literatura atual, são escassos os trabalhos disponíveis utilizando o farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de suínos. Wang et al. (2011) não observaram diferenças significativas nos parâmetros de desempenho de suínos na fase de crescimento, alimentados com dietas em que o farelo de pinhão manso detoxicado substituiu em até 50% o farelo de soja como fonte protéica.

Em frangos de corte, assim como os resultados observados neste estudo, Wina et al. (2010) observaram redução no ganho diário de peso de frangos alimentados com farelo de pinhão manso detoxicado por diferentes metodologias. El Badwi e Adam (1992) alimentaram frangos durante quatro semanas com sementes de pinhão manso e observaram intoxicação severa, indicada pela diminuição do crescimento, hepato-nefropatias, congestões e hemorragias.

A redução no desempenho dos suínos alimentados com o farelo de pinhão manso, neste estudo, está diretamente relacionada com o decréscimo no consumo diário de ração em virtude da presença dos ésteres de forbol, o que conseqüentemente causou uma piora no ganho diário de peso e na conversão alimentar.

A diminuição do consumo pode proporcionar uma série de transtornos relacionados ao metabolismo, entre eles a quantidade de alimento ingerida e a qualidade deste (SCHIMIDT-NIELSEN, 1996 apud FERNANDES, 2010). Com o reduzido consumo de ração, o animal utiliza de maneira menos eficiente o aporte energético proveniente do alimento que é direcionado à atividade externa e manutenção interna do organismo e, ainda, suprimindo substâncias específicas para sua conservação e crescimento. Entre as substâncias específicas estão os aminoácidos, vitaminas e outros nutrientes essenciais, além de vários minerais e outros elementos.

Ou ainda, a piora no desempenho dos animais pode estar relacionada com a diminuição da digestibilidade dos componentes nutritivos da dieta, principalmente da digestibilidade da proteína bruta, promovido pela inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado nas dietas.

Estes resultados demonstram que o farelo de pinhão manso detoxicado, utilizado neste ensaio, não fora totalmente detoxicado, possuindo, portanto algumas moléculas bioativas, tais como os ésteres de forbol.

Embora tenha ocorrido redução no desempenho dos animais em função da inclusão do FPMD, é importante ressaltar que, quando comparados os resultados do tratamento controle (0%) e a inclusão de 2% de FPMD, após análise de contraste específico, não foi observada diferença significativa ($P>0,05$) entre as variáveis de peso final, ganho diário de peso e conversão alimentar, havendo apenas redução significativa ($P<0,05$) no consumo diário de ração. Os resultados deste estudo mostram, de modo geral, que o farelo de pinhão manso detoxicado, um subproduto da produção do biodiesel, pode participar em até 2% nas rações de suínos em terminação, sem prejudicar sensivelmente o desempenho dos animais.

5.3.2 Características de carcaça

A Tabela 5.3 apresenta as médias ajustadas por covariância para o peso de abate do rendimento de carcaça quente (RCQ), comprimento da carcaça (CC), espessura média de toicinho (EMT), área de olho de lombo (AOL) e relação gordura/carne (RG/C), em função dos níveis de farelo de pinhão manso detoxicado nas dietas.

A inclusão de FPMD determinou respostas lineares negativas (P<0,05) no rendimento de carcaça quente (81,72; 78,47; 73,56; 69,22; 72,50) e espessura média de toicinho (2,13; 2,30; 2,39; 2,42; 2,19), além de respostas quadráticas negativas (P<0,05) no comprimento de carcaça (90,65; 90,04; 88,80; 87,78; 88,97). Estes resultados são diferentes dos obtidos por Wang et al. (2011) que não observaram diferenças significativas nas características de carcaça de suínos na fase de crescimento alimentados com dietas em que o farelo de pinhão manso detoxicado substituiu em até 50% o farelo de soja como fonte protéica.

Tabela 5.3 - Médias de rendimento de carcaça quente (RCQ), comprimento da carcaça (CC), espessura média de toicinho (EMT), área de olho de lombo (AOL) e relação gordura/carne (RG/C) de suínos alimentados com níveis crescentes de farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD) na dieta durante a fase de terminação

Variáveis	FPMD, %					Regressão[2]				CV[3], %
	0	2	4	6	8	L	Q	C	QG	
RCQ[1], %	81,72	78,47	73,56	69,22	72,50	<0,05	NS	NS	NS	3,7
CC[1], cm	90,65	90,04	88,80	87,78	88,97	NS	<0,05	NS	NS	3,2
EMT[1], cm	2,13	2,30	2,39	2,42	2,19	<0,05	NS	NS	NS	14,9
AOL[1], cm^2	35,25	35,13	34,11	34,12	34,91	NS	NS	NS	NS	9,4
RG/C[1]	0,38	0,39	0,39	0,41	0,39	NS	NS	NS	NS	15,3
	Equações de Regressão									R^2
RCQ, %	$y = 77,92 - 0,7064x$									0,33
CC, cm	$y = 95,52 + 0,2173x^2 - 2,8714x$									0,61
EMT, cm	$y = 2,5678 - 0,0701x$									0,28

[1]Médias ajustadas por covariância para o peso de abate dos animais
[2]Regressão: L = efeito linear; Q = efeito quadrático; C = efeito cúbico; QG = quarto grau
[3]Coeficiente de Variação
NS = não significativo

Assim como o ganho diário de peso e a conversão alimentar foram influênciadas pelo consumo diário de ração, embora ajustadas por covariância para o peso final, o rendimento de carcaça quente e o comprimento de carcaça muito provavelmente sofreram piora em decorrência da redução do peso vivo final dos animais em virtude do menor consumo de ração apresentado pelos suínos.

A comparação entre o tratamento controle (0%) com a inclusão de 2% de FPMD na dieta, não revelou diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos.

Os resultados do presente estudo mostram, de modo geral, que o farelo de pinhão manso detoxicado pode participar em até 2% nas dietas de suínos em terminação, sem efeitos depressivos nas características de carcaça dos animais.

5.3.3 Qualidade da carne

Na Tabela 5.4, encontram-se os valores de L (luminosidade), a (tendência ao vermelho), b (tendência ao amarelo), pH e perda de água por gotejamento (PAG). Em relação à qualidade da carne, não houve efeito significativo (P>0,05) sobre as variáveis, mesmo após a decomposição dos graus de liberdade do fator nível de FPMD.

Tabela 5.4 - Médias de luminosidade (L), tendência ao vermelho (a), tendência ao amarelo (b), pH e perda de água por gotejamento (PAG) de suínos alimentados com níveis crescentes de farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD) na dieta durante a fase de terminação

Variáveis	FPMD, %					Regressão[1]				CV[2], %
	0	2	4	6	8	L	Q	C	QG	
L	56,20	56,44	55,21	56,19	56,20	NS	NS	NS	NS	2,52
A	7,50	6,56	6,68	6,53	6,58	NS	NS	NS	NS	16,20
B	14,78	14,09	14,32	13,94	14,23	NS	NS	NS	NS	5,10
pH	5,37	5,44	5,43	5,40	5,48	NS	NS	NS	NS	1,12
PAG, %	8,35	8,44	7,25	7,67	7,27	NS	NS	NS	NS	17,45

[1]Regressão: L = efeito linear; Q = efeito quadrático; C = efeito cúbico; QG = quarto grau
[2]Coeficiente de Variação
NS = não significativo

Inexistem atualmente na literatura trabalhos avaliando os efeitos do farelo de pinhão manso detoxicado nos parâmetros de qualidade de carne de suínos.

A exigência dos consumidores associada à expansão e abertura dos mercados internacionais vem exigindo do setor suinicola uma preocupação intensa com a qualidade

de suas matérias-primas e produtos. Portanto, avaliando a qualidade da carne de suínos, Kim et al. (1994) classificaram em relação às análises da luminosidade (L), pH e perda por gotejamento, a carne suína em róseo-avermelhada, firme e não-exsudativa (RFN); pálida, flácida e exsudativa (PSE); róseo-avermelhada, flácida e exsudativa (RSE) e escura, firme e seca (DFD). Os valores de L, pH e perda de água por gotejamento para as carnes classificadas como RFN foram, respectivamente, 44,5; 5,6 e 5%; para as carnes PSE, 55,7; 5,3 e 10,2%; para as carnes RSE, 48,1; 5,4 e 8,4%; e para as carnes classificadas como DFD, 36,2; 6,3 e 1,6%. De modo geral, os valores obtidos no presente estudo, quando comparados a estes valores, resultam em carnes classificadas como róseo-avermelhada firme e não-exsudativa (RFN), classificadas, portanto, dentro dos padrões de qualidade exigidos pelo mercado consumidor.

Assim, os resultados do presente estudo mostram que a inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de suínos em terminação, não prejudica a qualidade da carne dos suínos.

5.3.4 Análises das enzimas transaminases hepáticas

A Tabela 5.5 apresenta os valores de alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST), em função dos níveis de farelo de pinhão manso detoxicado nas dietas.

Tabela 5.5 - Médias de alanina aminotransferase (ALT) e aspartato aminotransferase (AST), de suínos alimentados com níveis crescentes de farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD) na dieta durante a fase de terminação

Variáveis	FPMD, %					Regressão[1]				CV[2], %
	0	2	4	6	8	L	Q	C	QG	
ALT, U/L	28,52	27,94	28,81	24,88	26,48	NS	NS	NS	NS	26,5
AST, U/L	65,84	60,39	59,55	54,48	47,79	0,05	NS	NS	NS	27,2
	Equação de Regressão									R^2
AST	$y = 65,87 – 2,10 x$									0,23

[1]Regressão: L = efeito linear; Q = efeito quadrático; C = efeito cúbico; QG = quarto grau
[2]Coeficiente de Variação
NS = não significativo

Avaliando a toxicidade do farelo de pinhão manso detoxicado, através das análises das enzimas transaminases hepáticas, os valores de alanina aminotransferase

(ALT) (28,52; 27,94; 28,81; 24,88; 26,48) não foram alterados (P>0,05) em função da inclusão do FPMD, situando-se dentro da faixa de normalidade citada por Leman et al. (1996) – de 8 a 46 U/L.

No entanto, a inclusão deste co-produto ocasionou redução linear (P<0,05) nos valores de aspartato aminotransferase (AST). Embora tenha ocorrido redução nos valores de AST, o que é contrário ao esperado, visto que o aumento nos valores desta enzima demonstra degeneração hepática, estes valores (65,84; 60,39; 59,55; 54,48; 47,79) estão na faixa considerada normal por Kaneko (1989) – de 32 a 84 U/L.

É importante ressaltar que não foram observados sinais típicos de intoxicação pela ingestão do farelo de pinhão manso detoxicado, tais como diarréia, hemorragia ocular, inflamação do trato gastrintestinal, eritema, inchaço da face e, em alguns casos, morte dos animais, citados por Ghandi et al. (2005) como comuns aos animais submetidos à dietas contendo este farelo.

Chivandi et al. (2006) avaliando o efeito de diferentes métodos de detoxicação e níveis de inclusão de farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de suínos sobre os parâmetros sanguíneos, observaram danos severos aos animais. Os suínos alimentados com níveis crescentes do farelo apresentaram redução significativa na concentração e atividade sérica de alfa amilase, porcentagem de hematócrito, glicose, colesterol e triglicerídeos séricos. Além disso, os animais apresentaram diarréia, indicando que o farelo não foi totalmente detoxicado.

Em animais ruminantes, em estudos de Ahmed e Adam (1979a), sementes de pinhão manso foram administradas para bezerros nas doses de 2,5; 1,0; 0,25 e 0,025 g/kg durante 14 dias. Os autores observaram que as maiores doses foram fatais para os animais já nas primeiras 24 horas, e o restante dos animais, apresentaram sinais de envenenamento e morreram entre o 10º e 14º dia. Também observaram aumento da enzima aspartato aminotransferase (AST), amônia e potássio, além da diminuição da proteína total e do cálcio sérico dos animais.

Em ovinos e caprinos, Adam e Magzoub (1975) e Ahmed e Adam (1979b) observaram sintomas como diarréia, redução no consumo de água, desidratação, olhos fundos e inapetência em animais que consumiram sementes de pinhão manso. Todos os caprinos apresentaram decréscimo no nível de glicose e acréscimo na concentração de arginase e glutamato oxaloacetato transmitase séricos, além de hemorragias em diversos órgãos.

5.4 Conclusões

Embora a inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado tenha promovido alguns aspectos deletérios, de modo geral, este co-produto pode participar em até 2% nas dietas de suínos na fase de terminação.

Referências

ADAM, S. E. I.; MAGZOUB, M. Toxicity of *Jatropha curcas* for goats. **Toxicology**, Amsterdam, v.4, n.3, p.347-354, 1975.

AHMED, O. M. M.; ADAM, S. E. I. Effects of *Jatropha curcas* on calves. **Veterinary Parasithology**, Basel, v.16, p.476-482, 1979a.

AHMED, O. M. M.; ADAM, S. E. I. Toxicity of *Jatropha curcas* in sheep and goats. **Research in Veterinary Science**, London, v.27, p.89-96, 1979b.

AREGHEORE, E. M.; BECKER, K.; MAKKAR, H. P. S. Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats. **South Pacific Journal of Natural Science**, Suva, Fiji, v.21, p.50-56, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CRIADORES DE SUÍNOS. **Método brasileiro de avaliação de carcaças.** Estrela, 1973. 17p.

BECKER, K.; MAKKAR, H. P. S. Effect of phorbol esters in carp *Cyprinus carpio* L. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, v.40, p.82-86, 1998.

CHIVANDI, E.; ERLWANGER, K. H.; MAKUZA, S. M.; READ, J. S.; MTIMUNI, J. P. Effects of dietary *Jatropha curcas* meal on Percent Packed Cell Volume, Serum Glucose, Cholesterol and Triglyceride concentration and Alpha-Amylase activity of weaned fattening pigs. **Research Journal of Animal and Veterinary Sciences**, Ma´an, Jordan, v.1, p.18-24, 2006.

DIRINCK, P.; WINNE, A.; CASTEELS, M.; FRIGG, M. Studies on vitamin E and meat quality. 1. Effect of feeding high vitamin E levels on time-related pork quality. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.44, p.65-68, 1996. (Abstract).

EL BADWI, S. M. A.; ADAM, S. E. I. Toxic effects of low levels of dietary *Jatropha curcas* seed on Brown Hisex chicks. **Veterinary and Human Toxicology**, Manhattan, v.34, n.2, p.112-115, 1992.

FERNANDES, R. N. **Valor nutritivo do farelo de pinhão manso (*Jatropha curcas*) para alevinos de tilápia do Nilo *(Oreochromis niloticus)***. 2010. 81 p. Dissertação (Mestrado em Aqüicultura) – Centro de Aqüicultura, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Jaboticabal, 2010.

GANDHI, V. M.; CHERIAN, K. M.; MULKY, M. J. Toxicological studies on ratanjyot oil. **Food and Chemical Toxicology**, London, v.33, n.1, p.39-42, 1995.

KANEKO, J. J. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 4. ed. London: Academic Press, 1989. 932p.

KIM, B. C.; KAUFMANN, R. G.; NORMAN, J. M.; JOO, S. T. Measuring water holding capacity in pork musculature with a Tensiometer. **Meat Science**, Barking, v.39, p.363-374, 1995.

LEMAN, A. D.; STRAW, B. E.; MENGELING, W. L.; D'ALLAIRE, S.; TAYLOR, D. J. (Ed.). **Diseases of swine**. 7. ed. Ames: Iowa State University Press, 1996. 1021p.

OPENSHAW, K. A review of Jatropha curcas: an oil plant of unfulfilled promise. **Biomass and Bioenergy,** Oxford, v.19, p.1–15, 2000.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SAS INSTITUTE. **SAS User´s guide**: Statistics (Version 9.1). Cary, NC, 2001.

SCHIMIDT-NIELSEN, K. **Fisiologia animal** - adaptação e meio ambiente. 5. ed. São José, SC: Livraria Santos Editora, 1996. 600p.

WANG, H.; CHEN, Y.; ZHAO, Y.; HONGYUN, L.; LIU, J.; MAKKAR, H.; BECKER, K. Effects of replacing soybean meal by detoxified *Jatropha curcas* kernel meal in the diet of growing pigs on their growth, serum biochemical parameters and visceral organs. **Animal Feed Science and Technology,** Amsterdam, v.170, p.141-146, 2011.

WINA, E.; TANGENDJAJA, B.; PASARIBU, T.; PURWADARIA, T. Broiler performance fed jatropha curcas seed meal detoxified by fermentation, physic and chemical treatments. **Indonesiam Journal of Animal and Veterinary Sciences,** Jawa Barat, v.15, p.174-181, 2010.

6 EMISSÃO DE METANO ENTÉRICO POR SUÍNOS NA FASE DE TERMINAÇÃO ALIMENTADOS COM FARELO DE PINHÃO MANSO DETOXICADO NA DIETA

Resumo

Animais monogástricos contribuem diretamente com uma proporção relativamente pequena do total de metano emitido pelos animais de produção, no entanto, suínos, embora sejam responsáveis pela emissão de uma pequena proporção de metano entérico / cabeça / ano, quando contabilizados um bilhão de suínos em todo o mundo, a contribuição global torna-se bastante elevada. O objetivo deste trabalho foi quantificar a produção de metano entérico de suínos em terminação alimentados com dieta controle e uma dieta com 2% de farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD). Dez suínos machos castrados (70 ± 2,5 kg PV) foram pesados e, aleatoriamente, alojados em baias individuais. Os suínos foram alimentados diariamente com 2 kg de ração, duas vezes por dia, às 08:00 e 16:00 h. Após cinco dias, os animais foram levados para as câmaras de circuito aberto para a quantificação das emissões de metano entérico. As câmaras, equipadas com uma entrada de 5 cm na frente e uma saída de 5 cm na parte traseira, utilizaram bomba de escape ligada ao orifício traseiro da câmara para remover o ar interior, mensurados em L / min. A saída de ar foi amostrada para um balão de 5 L (revestidas com filme de alumínio), a taxa de 100 mL / min usando bomba peristáltica. Um circulador de ar foi colocado dentro das câmaras, para fazer circular o ar e manter os níveis de temperatura confortáveis para os animais. As temperaturas (23 ± 2 ° C) e a umidade (87 ± 4%) foram medidas em intervalos regulares. A concentração de metano no gás coletado foi determinada pela calibração externa usando uma curva analítica preparada com gás metano puro. A quantidade de metano produzido pelo animal na câmara foi calculada como o produto da quantidade de ar aspirado através das câmaras, corrigidas para a temperatura e pressão padrão, e a concentração de metano no ar que sai da câmara, corrigida para a concentração do metano no ar ambiente. A inclusão de 2% do FPMD reduziu ($P<0,05$) a emissão de metano entérico pelos suínos. Diante do observado, a inclusão de 2% de FPMD pode ser uma importante ferramenta para a mitigação da emissão de metano entérico pelos suínos.

Palavras-chaves: Biodiesel. Gases de efeito estufa.

ENTERIC METHANE EMISSION BY FINISHING PIGS FED WITH DETOXICATED *JATROPHA CURCAS MEAL*

Abstract

Monogastric animals contribute with comparatively small proportion of the total methane emitted by livestock, however, whilst pigs are responsible for the emission of a small proportion of enteric methane / head / year, when counting the one billion hogs in the world, the overall contribution becomes fairly high. The purpose of this work was to quantify the enteric methane production by finishing pigs fed with a basal diet and a basal diet with 2% of detoxicated *Jatropha curcas* meal. Ten finishing male pigs (70 ± 2.5 kg BW) were randomly housed in individual pens. Pigs were fed with 2 Kg/day twice daily, at 08:00 and 16:00 h. After five days, the animals were taken to open-circuit chambers for quantitative measurement of enteric methane emissions individualy. One chamber was used for monitoring the system (no animal in). The chambers were equipped with one inlet 5-cm i.d. orifice in the front and one outlet 5-cm i.d. orifice in the rear. An exhaust pump was connected to the rear orifice of the chamber to remove the inner air at a flow rate of 168 L/min. The outlet air was sampled into a 5 L balloon (coated with aluminum film) at 100 mL/min by using a peristaltic pump. A house-hold fan was placed inside the chamber, for circulating the air, to keep temperature levels comfortable to the animal. Temperature (23 ± 2°C) and humidity (87 ± 4%) were measured at regular intervals. Methane concentration in the collected gas was determined by external calibration using an analytical curve prepared with pure methane. The amount of methane produced by the animal in the chamber was calculated as the product of the amount of air drawn through the chambers, corrected to standard temperature and pressure (STP), and the concentration of methane in the air leaving the chamber, corrected for the concentration of methane in the ambient air. The results show that the inclusion of 2% of DJCM reduce ($P<0.05$) the enteric methane emission by individual pigs. According with the results, the inclusion of 2% DJCM may be a strategy to mitigate the emission of entheric methane by pigs.

Key words: Biodiesel. Greenhouse gases.

6.1 Introdução

Uma das preocupações atuais dos pesquisadores da cadeia suinícola é o destino dos dejetos produzidos pelos animais, além da emissão de gases poluentes inerentes à cadeia de produção, como a amônia, o gás carbônico, gás sulfídrico e o gás metano. A adoção de sistemas confinados de produção de suínos, juntamente com o emprego de tecnologia para aprimorar esses sistemas, tem levado a um aumento considerável do plantel, a produção cada vez maior de dejetos (SOUZA et al., 2005) e o aumento da emissão destes gases poluentes.

A partir do ano 1980, evidências científicas sobre a interferência humana no sistema climático, colocaram a questão da mudança climática no planeta e suas consequências ambientais na agenda política mundial. Após várias discussões internacionais, os termos do Protocolo de Kioto oficialmente adotaram 16 metas de emissão dos gases de efeito estufa (GEE) para todos os países industrializados (LONGO, 2006)..

Existe um consenso internacional da influência humana sobre o aquecimento global, o impacto no clima no globo terrestre e da urgente necessidade de redução da emissão líquida dos gases de efeito estufa para a atmosfera.

A quantidade total de dejetos produzidos (fezes e urina), água desperdiçada pelos bebedouros e também para a higienização do local, resíduos de ração, pelos e poeira, decorrentes do sistema criatório, variam de acordo com o desenvolvimento ponderal dos suínos, apresentando valores decrescentes de 8,5 a 4,9% de seu peso por dia, considerando-se a faixa dos 15 aos 100 kg de peso vivo (OLIVEIRA, 1993).

O desempenho dos animais, a digestibilidade dos nutrientes da dieta e as interações dos componentes das rações entre si e com o trato gastrintestinal dos animais, também fazem parte dos fatores que podem afetar a composição e o volume de dejetos produzidos pelos animais (PENZ JÚNIOR, 1999). Deve-se ressaltar ainda, que quando os dejetos são decompostos por bactérias anaeróbicas, principalmente as metanogênicas, através de biodigestores, ocorre grande produção de gás metano e de biogás, os quais podem ser devidamente aproveitados para geração de renda adicional ao setor, para provimento de propriedades, ou empresas do setor agropecuário auto-sustentáveis.

Esse potencial energético pode ser definido pela capacidade de produção de biogás, decorrente do teor de matéria orgânica digerível presente no resíduo, que pode ser definido como gás resultante da fermentação anaeróbia (em ausência do oxigênio livre do

ar) de resíduos vegetais e dejetos de animais, isto é, da degradação da matéria orgânica, através de um processo biológico, envolvendo crescimento de microrganismos que dependem de condições adequadas de umidade, temperatura e acidez. Segundo Konzen (1983) $1m^3$ de esterco de suínos produz em torno de $50m^3$ de biogás, ou seja, aproximadamente 0,051 m^3 de biogás por kg de dejeto.

No entanto, embora os dejetos sejam devidamente tratados e passam a ser vistos como uma fonte energética existe ainda a poluição oriunda da emissão de gases entéricos, intrínsecos da digestão dos alimentos pelos animais.

As principais fontes antropogênicas de emissão de CH_4 são as queimadas, a produção de combustível, as minas de carvão, os dejetos animais, a fermentação do trato digestório de animais (fermentação entérica), os cupins (conhecidos por térmitas), esgotos líquidos, o lixo sólido, o gás natural e as plantações de arroz (LONGO, 2006). Dentre estas, a fermentação entérica é a principal fonte, responsável por 28% da emissão de CH_4 global, seguida por gás natural (15%), lixo sólido (13%) e plantações de arroz (11%) (US-EPA, 2006b).

Diferente do que ocorre em animais ruminantes que emitem em média 10^{12} gramas de gás metano por ano, o que equivale aos 28 % da emissão antropogênica global deste gás (US-EPA, 2006b), os suínos, segundo o IPCC (2006), são responsáveis pela emissão de apenas 1 kg de metano entérico/cabeça/ano, o que individualmente é pouco, mas quando se contabiliza o total de 1 bilhão de cabeças de suínos no mundo (FAO, 2010), torna-se uma quantidade bastante elevada.

Assim, objetivou-se quantificar a emissão de metano entérico por suínos na fase de terminação alimentados com dieta controle e dieta com 2% de farelo de pinhão manso detoxicado.

6.2 Material e métodos

Foram utilizados dez suínos, híbridos comerciais, distribuídos em dez gaiolas de acordo com o tratamento, sendo cada gaiola composta por um macho castrado, totalizando cinco repetições por tratamento. Os animais receberam 2 kg de dieta por dia e água à vontade durante todo o período experimental.

Os animais foram alojados em câmaras, adaptadas em gaiolas de metabolismo com ventilação forçada e temperatura controlada, onde passaram inicialmente por um período de cinco dias de adaptação à gaiola com o sistema aberto e posteriormente

permaneceram nas câmaras por 48 horas, onde nas primeiras 24 horas ficaram em adaptação ao sistema fechado e nas 24 horas subsequentes foram retiradas amostras do ar depositado nos balões, a cada duas horas, para posterior quantificação do metano (CH_4) entérico.

Cada câmara possui o volume total de 1,9 m^3, sendo cobertas na parte de cima e lateralmente por uma cobertura de polietileno com 7,7 m^2, com 0.3 mm de espessura. As câmaras possuem ainda uma entrada de ar com o diâmetro de 5 cm na parte frontal e uma saída de ar também com 5 cm de diâmetro, na parte traseira, onde é conectada uma bomba peristáltica para remover o ar em um fluxo de 168 L/min (mensurado através de anemômetro). O ar coletado pela bomba peristáltica foi amostrado em um balão (recoberto por um filme de alumínio) em um fluxo de 100 mL/min.

No interior de cada câmara, um ventilador foi fixado para circular todo o ar do interior das câmaras, bem como manter o nível de dióxido de carbono, além da temperatura em níveis confortáveis aos animais. Foram mensuradas diariamente a temperatura externa e interna (câmara), umidade relativa do ar e velocidade máxima e mínima do ar injetado na câmara.

Ao término das 24 horas, foram coletadas amostras do conteúdo de cada balão, acondicionadas imediatamente em tubos com vácuo previamente identificados para posterior análise no cromatógrafo gasoso. Antes do início do ensaio, uma quantidade conhecida de CH_4 (White Martins Gases Industriais Praxair Inc., Osasco, SP, Brasil, 99,5% de pureza) foi lançada em cada uma das câmaras.

A quantidade de metano produzida pelo animal na câmara foi calculada como o produto da quantidade de ar aspirado através das câmaras, corrigidos para condições normais de temperatura e pressão e a concentração de metano no ar que sai da câmara, corrigida para o concentração de metano no ar ambiente.

Durante o experimento os animais receberam duas dietas (isoproteicas e isoenergéticas) e água à vontade, sendo o T1: dieta basal de milho e farelo de soja e T2: dieta basal com a inclusão de 2% de farelo de pinhão manso detoxicado, conforme determinado no experimento de desempenho.

As dietas experimentais foram formuladas para atender às exigências nutricionais preconizadas por Rostagno et al. (2005), sendo que as composições percentuais e os valores calculados de alguns nutrientes encontram-se na Tabela 6.1.

Tabela 6.1– Composição centesimal e nutricional das dietas

	FPMD, %	
Ingrediente	0	2
Milho Grão	81,22	81,69
Óleo de soja	0,16	0,14
Farelo de soja	16,23	13,64
Farelo de Pinhão Manso Detoxicado	0,00	2,00
Sal Comum	0,31	0,31
Calcário	0,53	0,51
Fosfato Bicálcico	0,82	0,85
DL- Metionina (99%)	0,00	0,0009
L-Lisina.HCl (78%)	0,15	0,23
L-Treonina (98%),	0,00	0,04
L- Triptofano	0,00	0,01
Sulfato de cobre (25%)	0,06	0,06
Suplemento vitamínico[1]	0,40	0,40
Suplemento mineral[2]	0,10	0,10
Valores calculados:		
ED, kcal/kg	3,40	3,40
Proteína bruta, %	14,50	14,50
Metionina digestível, %	0,22	0,21
Lisina total, %	0,77	0,79
Lisina digestível, %	0,68	0,68
Treonina digestível, %	0,46	0,45
Cálcio, %	0,48	0,48
Fósforo total, %	0,44	0,47
Fósforo disponível, %	0,25	0,25

[1]Quantidades por kg de ração: vit. A - 2520 UI; vit. D_3 - 540 UI; vit. E - 9,9 UI; vit. K_3 - 0,72 mg; tiamina - 404 mcg; riboflavina - 1,98 mg; piridoxina - 404 mcg; vit. B_{12} - 8,1 mcg; ácido fólico – 225,2 mcg; ácido pantotênico - 6,3 mg; niacina - 12,6 mg; promotor de crescimento - 10 mg; Se - 0,24 mg.
[2]Quantidades por kg de ração: Cu - 9 mg; Fe - 81 mg; I – 0,9 mg; Mn - 54 mg; Zn - 135 mg.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com dois tratamentos e cinco repetições (blocos) por tratamento. Os dados foram analisados pelo SAS LAB para verificação da adequação dos dados ao modelo linear. A análise de variância foi realizada pelo PROC GLM do SAS (SAS INSTITUTE, 2009) e, além disto, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey do SAS (SAS INSTITUTE, 2009).

6.3 Resultados e Discussão

Este estudo, praticamente, é o primeiro estudo avaliando a emissão de metano entérico de suínos na fase de terminação no Brasil, e ainda o primeiro estudo avaliando os efeitos da inclusão de farelo de pinhão manso detoxicado na emissão de metano entérico de suínos.

A produção média de metano, em litros por dia (L/d), em litros por kg de peso vivo (L/kg PV) e em litros por kg de matéria seca ingerida (L/kg MSI), por suínos na fase de terminação alimentados com dieta basal e dieta com 2% de farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD) são apresentadas na Tabela 6.2.

Tabela 6.2 – Produção média de metano em litros por dia (L/d), em litros por kg de peso vivo (L/kg PV) e em litros por kg de matéria seca ingerida (L/kg MSI) de suínos na fase de terminação alimentados com dieta basal e dieta com 2% de farelo de pinhão manso detoxicado (FPMD)

FPMD, %	CH_4 (L/d)	CH_4 (L/kg PV)	CH_4 (L/kg MSI)
0	4,83[a]	0,08[a]	2,54[a]
2	1,91[b]	0,03[b]	1,00[b]
P	<0,05	<0,05	<0,05
CV[1], %	45,81	39,23	45,78

[1]Coeficiente de Variação
a,b letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05)

A inclusão de 2% de FPMD reduziu significativamente (P<0,05) a emissão de metano entérico dos animais; estes valores estão de acordo com os estudos de Jørgensen et al. (2011) os quais avaliaram a emissão de metano entérico por suínos em diferentes categorias. Segundo os mesmos autores, não existe uma correlação positiva entre os teores de proteína, amido e gordura dietética e a emissão de metano entérico pelos suínos, havendo apenas correlação positiva entre as frações de fibra dietética e a emissão deste gás.

Portanto, uma possível explicação para a redução no metano entérico, ocorrido neste estudo, talvez seja, assim como o ocorrido na produção de metano e biogás pelos dejetos de suínos, devido à presença de moléculas bioativas, tais como os ésteres de forbol, os quais podem ter reduzido a atividade microbiana e por conseqüência a atividade das bactérias metanogênicas. Tal evidência está de acordo com Abdalla et al. (2008), os quais concluíram que a adição de farelo de pinhão manso em dietas para ruminantes, em

estudo *in vitro* de produção de gases, reduziu a produção de metano por bactérias metanogênicas.

6.4 Conclusões

A inclusão do farelo de pinhão manso detoxicado na dieta de suínos pode ser uma importante ferramenta para mitigar a emissão de metano entérico por suínos. Novos estudos devem ser realizados visando quantificar a emissão de metano entérico por suínos, bem como ferramentas nutricionais que visem reduzir a emissão deste poluente.

Referências

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, n.esp, p.258-260, 2008.

FAO. **The state of food And Agriculture 2010**. Rome, 2011. Dis´ponível em: http://www.fao.org/docrep.htm.

IPCC – National Greenhouse Gas Inventories Programme. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. Hayama, Japan: IGES, 2006. Disponível em: http://www.ipccnggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/0_Overview/V0_0_Cover.pdf. Acesso em: 17 mar. 2012.

JØRGENSEN, H.; THEIL, P. K.; KNUDSEN, K. E. **Planet earth 2011 -** Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice. Washington, DC: George Washington University, School of Business, InTech, 2011. 646p.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos**. Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1983. 36p. (Circular Técnica, 6).

LONGO, C. **Avaliação *in vitro* de leguminosas taniníferas tropicais para mitigação de metano entérico**. 2006. 153 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

OLIVEIRA, P. A. V. de. (Ed.). **Manual de manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRAPA, CNPSA, 1993a. 188p. (Documentos, 27).

PENZ JUNIOR, A. M.; MEINERZ. C. E. T.; MAGRO. N. Efeito da nutrição na quantidade e na qualidade dos dejetos de suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 36., 1999, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: SBZ, 1999. p.281-294.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SOUZA, C. F.; LUCAS J. J.; FERREIRA W. P. M. Biodigestão anaeróbia de dejetos de suínos sob efeito de três temperaturas e dois níveis de agitação do substrato: Considerações sobre a partida. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.530-539, 2005.

U.S. ENVIROMENTAL PRTOTECTION AGENCY. **International analyses**. Washington, DC, 2006. Disponível em: <http: www. epa.gov/methane/intlanalyses.html>. Acesso em: 25 mar. 2012.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do farelo do pinhão manso na alimentação animal demonstra potencial uso como alimento na dieta de suínos, porém, em virtude da presença de moléculas bioativas, podem ser utilizados desde que tratamentos adequados sejam realizados para a redução ou eliminação destes fatores.

Os teores das moléculas bioativas presentes no farelo de pinhão manso detoxicado, devem ser monitorados, uma vez que foram observados efeitos deletérios destes na digestibilidade, variáveis de desempenho e características de carcaça.

Estudos envolvendo o farelo de pinhão manso detoxicado devem ser mais explorados, principalmente estudos *in vivo*, com a inclusão de níveis mais elevados nas dietas.