

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**FARELO DE MAMONA AUTOCLAVADO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E  
FRANGOS DE CORTE**

**JULIANA CLÁUDIA NEVES DE SANTANA SILVA**

**Zootecnista**

**RECIFE**  
**PERNAMBUCO – BRASIL**  
**2014**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**PROGRAMA DE DOUTORADO INTEGRADO EM ZOOTECNIA**

**FARELO DE MAMONA AUTOCLAVADO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E  
FRANGOS DE CORTE**

**JULIANA CLÁUDIA NEVES DE SANTANA SILVA**

**RECIFE**  
**PERNAMBUCO - BRASIL**  
**2014**

**JULIANA CLÁUDIA NEVES DE SANTANA SILVA**

**FARELO DE MAMONA AUTOCLAVADO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E  
FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, do qual participam a Universidade Federal da Paraíba e Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

Área de Concentração: Nutrição Animal.

**Comitê de Orientação:**

Prof. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Lüdke (UFRPE) – Orientador principal

Pesq. Dr. Jorge Vítor Lüdke (Embrapa Suínos e Aves)

Prof. Dr. Wilson Moreira Dutra Júnior (UFRPE)

**RECIFE  
PERNAMBUCO - BRASIL  
2014**

**JULIANA CLÁUDIA NEVES DE SANTANA SILVA**

**FARELO DE MAMONA AUTOCLAVADO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS E  
FRANGOS DE CORTE**

Tese defendida e \_\_\_\_\_ pela comissão examinadora em 28 de julho de 2014.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

Prof. Dra. Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - Sede  
Departamento de Zootecnia  
Presidente

---

Prof. Dra. Rosa Cavalcante Lira  
Universidade Federal de Alagoas  
Departamento de Zootecnia

---

Prof. Dr. Elton Lima dos Santos  
Universidade Federal de Alagoas  
Departamento de Zootecnia

---

Prof. Dra. Mônica Calixto Ribeiro de Holanda  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UAST  
Departamento de Zootecnia

---

Dr. Cláudio José Parro de Oliveira  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - PNPB  
Departamento de Zootecnia

*Ofereço,*

*Ao meu querido pai João Gervásio (in memorian), meu avô Fernando Neves (in memorian) e minha tia Cristina Neves (in memorian). Eternas saudades!*

*À minha querida mãe Lúcia Neves, pelo exemplo de vida e dedicação, pelo amor incondicional.*

*Às minhas irmãs Luciana Neves e Mariana Neves e aos sobrinhos Gabriel Neves e Julia Neves.*

*Dedico,*

*Ao meu filho amado Daniel Neves de Santana Silva, que está sendo gerado.*

*Ao grande e eterno amor... meu esposo Adiel Sousa Silva*

*por ser meu fiel cúmplice, companheiro e amigo...*

*por toda dedicação, amor e paciência...*

*pela confiança e apoio incondicional nos momentos de dificuldades...*

*por ser um marido e pai maravilhoso.*

*Essa conquista partilho com você. Muito obrigada por tudo!*

## *Agradecimentos*

A Deus pai todo poderoso e Nossa Senhora, por conduzir minha vida e afastar todo mal.

À orientadora Prof. Dr<sup>a</sup> Maria do Carmo Mohaupt Marques Ludke (UFRPE), pela confiança e respeito. Por todos os conselhos, ensinamentos e orientação em meu processo de formação como pesquisadora.

Ao pesquisador Dr. Jorge Vítor Ludke (EMBRAPA) pelo companheirismo e infinita orientação. Pelo constante compartilhamento de saberes durante os processos de planejamento, execução e interpretação dos experimentos de tese.

Ao professor Dr. Wilson Moreira Dutra Junior (UFRPE), pela colaboração na coleta de sangue e medidas de ultrassom dos suínos. Por todo conhecimento transmitido em meu processo de formação.

Aos membros da banca examinadora, pelas contribuições e sugestões.

A todos os professores que participaram diretamente em meu processo de formação profissional.

Ao Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia (PDIZ).

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pela formação científica.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pela concessão da bolsa de Doutorado.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa Científica (CNPq) pelo financiamento do projeto de pesquisa.

A EMBRAPA Suínos e Aves em nome dos pesquisadores Dr. Jorge Vítor Ludke, e Dr. Arlei Coldebella que contribuíram nas análises estatísticas dos dados.

À Coordenadora do Grupo Trabalho/APL Biodiesel Pesqueira Dr<sup>a</sup> Ana Maria Navaes, Professora e Pesquisadora (PADR-UFRPE) pela interlocução na aquisição do farelo de mamona.

À Usina de Biodiesel Governador Miguel Arraes (USIB) em Pesqueira, pelo fornecimento do Farelo de Mamona.

Ao Laboratório de Nutrição Animal (LANA) do Departamento de Zootecnia, em nome das professoras, Dr<sup>a</sup> Antônia Sherlânea e Tayara Soares pela disponibilidade

dos equipamentos e instalações para a realização do processo de destoxicação do farelo de mamona e análises bromatológicas.

Ao Laboratório de Biologia Molecular Aplicada a Produção Animal (BIOPA), em nome da Prof. Dr<sup>a</sup> Helena Emília Manso por viabilizar a execução das análises dos parâmetros sanguíneos.

Ao Laboratório de Química do Solo, Departamento de Agronomia (UFRPE), em nome da Prof. Dr<sup>a</sup> Maria Betânia Freire, pela realização das análises de cálcio, fósforo e pH.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial à Fátima, Vítor, Wanessa, Lilly e Cristina, pela ajuda e companheirismo.

Ao querido Severino (Seu Biu), por toda ajuda nos experimento, saiba que seu trabalho e amizade foram fundamentais para a execução da pesquisa, muito obrigada.

Aos amigos de pós-graduação Soraya, Camila Guedes, Driane, Bárbara, Karine, Levi, José Ricardo, Elizabeth (Biopa), Mônica (Biopa) e Stephânia (Biopa), Jadson (Solos), Renisson (Solos) e Thiago (Solos) obrigada pela ajuda e consideração.

Aos amigos de graduação e estagiários Priscila Santos (PIBIC), Gleise (PIBIC), Cristiano (PIC), Ana Carolina (Carol), Julia, Andrew, Lucas, Marcone, Juliana e Thomás, obrigada pela infinita ajuda na execução dos experimentos, coletas dos dados, análises laboratoriais e por todo companheirismo.

Aos meus Pais João e Lúcia pelo exemplo de vida, por toda educação, dedicação e amor incondicional.

Ao meu esposo e companheiro Adiel, por todo amor e dedicação, por estar presente em cada segundo dessa jornada com sua infinita e incessante ajuda e todo apoio incondicional e por ter me presenteado com a gestação do Daniel nesta finalização de Tese. Sou muito grata por tudo.

As minhas irmãs Luciana e Mariana, sobrinhos Gabriel e Julia, primos e tios por participarem de todas as conquistas de minha vida.

Aos meus sogros Paulo e Almira, aos cunhados Ana Paula, Paulo Júnior e Marcelo, aos sobrinhos de consideração Bernardo, Iarley, Camilli e Ian; e aos tios de consideração Domingos e Vaneide, por acreditarem em minha capacidade.

À todas as pessoas que contribuíram em minha formação pessoal e profissional.

**M**eu muito obrigada.

## *Salmo de Davi*

*O Senhor é o pastor que me conduz;  
não me falta coisa alguma.  
Pelos prados e campinas verdejantes  
ele me leva a descansar.  
Para as águas repousantes me encaminha  
e restaura as minhas forças.  
Ele me guia no caminho mais seguro,  
pela honra do seu nome.  
Mesmo que eu passe pelo vale tenebroso,  
nenhum mal eu temerei.  
Estais comigo com bastão e com cajado,  
eles me dão a segurança!  
Preparais à minha frente uma mesa,  
bem à vista do inimigo;  
com óleo vós ungis minha cabeça,  
e o meu cálice transborda.  
Felicidade e todo bem hão de seguir-me  
por toda a minha vida;  
E na casa do Senhor habitarei  
Pelos tempos infinitos*

*Salmo 22.*



## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

*Juliana Cláudia Neves de Santana Silva*, filha de João Gervásio de Santana Neto (*in memorian*) e Lúcia de Fátima Neves de Santana, nasceu em 25 de junho de 1983 em Recife-PE, Brasil. Ingressou no curso de Zootecnia, na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) em 2003 no qual participou como bolsista do Programa de Educação Tutorial MEC-SESu (PET- Zootecnia) no período de 2004 a 2008, desenvolvendo atividades ligadas à tríade ensino, pesquisa e extensão, sendo as atividades de pesquisa desenvolvidas na área de Nutrição de Não-Ruminantes. Em agosto de 2008 obteve o título de Zootecnista. Iniciou o curso do mestrado como aluna regular em agosto de 2008 no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia na área de Nutrição de Não-Ruminantes, com pesquisas na área de avaliação de alimentos alternativos para frangos de corte. Em Julho de 2010, submeteu-se a defesa da Dissertação onde se obteve o título de Mestre em Zootecnia. Em agosto do mesmo ano começou as atividades como aluna regular do Programa de Doutorado Integrado da UFRPE-UFC-UFPB na área de Nutrição de Não-Ruminantes, com pesquisas na área de alimentos alternativos para suínos e frangos de corte. Em julho de 2014, submeteu-se à defesa de Tese para obtenção do título de Doutora em Zootecnia.

## SUMÁRIO

	<b>pág.</b>
CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	13
<b>CAPÍTULO 1</b> <b>(Referencial Teórico)</b>	
1. Mamona e seus subprodutos .....	16
1.1. Fatores tóxicos e antinutricionais .....	20
1.2. Processamentos de inativação do farelo de mamona .....	31
2. Farelo de mamona na alimentação de não-ruminantes .....	33
2.1. Composição nutricional e energética do farelo de mamona .....	33
2.2. Uso do farelo de mamona em dietas sobre o desempenho de animais não-ruminantes .....	34
3. Considerações finais .....	37
4. Referências bibliográficas .....	38
<b>CAPÍTULO 2</b> <b>“Farelo de mamona autoclavado na alimentação de suínos em crescimento”</b>	
RESUMO .....	46
ABSTRACT .....	47
INTRODUÇÃO .....	48
MATERIAL E MÉTODOS .....	50
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	57
CONCLUSÃO .....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	73
<b>CAPÍTULO 3</b> <b>“Farelo de mamona autoclavado na alimentação de frangos de corte”</b>	
RESUMO .....	79
ABSTRACT .....	80
INTRODUÇÃO .....	81
MATERIAL E MÉTODOS .....	82
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	88
CONCLUSÃO .....	96
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	97

## LISTA DE TABELAS

pág.

### CAPÍTULO 1 (Referencial Teórico)

Tabela 1. Conteúdo de aminoácidos totais da torta de mamona, farelo de mamona e farelo de soja expressos na matéria natural .....	33
---	----

### CAPÍTULO 2 “Farelo de mamona autoclavado na alimentação de suínos em crescimento”

Tabela 1. Composição percentual calculada da dieta experimental referência do ensaio de metabolismo de suínos de 30 a 50 kg .....	52
---	----

Tabela 2. Composição percentual calculada das dietas experimentais do desempenho de suínos .....	55
--	----

Tabela 3. Composição nutricional do farelo de mamona utilizado em base na matéria natural (MN) .....	58
--	----

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), nitrogênio (CDN) e energia bruta (CDEB) do farelo de mamona autoclavado (FMAut.), da ração referência e da ração referência com 20% de FMAut. e valores da energia digestível, energia metabolizável aparente (EMA) e EMA para retenção do nitrogênio (EMAn) determinadas com base na MN .....	59
--	----

Tabela 5. Médias para o peso inicial (PESO I, kg), ganho de peso diário (GP, kg), consumo de ração diário (CR, kg) e conversão alimentar (CA) de suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de FMAut. ....	61
--	----

Tabela 6. Parâmetros sanguíneos de glicose, ureia, ácido úrico, proteína total, albumina, globulina, relação albumina/globulina - ALB/GLOB, creatinina, colesterol, fosfatase alcalina - FA, e as transaminases glutâmico oxalacética - TGO e pirúvica - TGP dos suínos alimentados com diferentes níveis de FMAut. ....	64
--	----

Tabela 7. Medidas do peso médio, área de olho de lombo - AOL, espessura de toucinho - ET, profundidade muscular - PM realizadas por equipamento de ultrassom realizadas em suínos com peso médio de 68 kg .....	70
---	----

Tabela 8. Correlação entre os dados de ultrassom área de olho de lombo (AOL), profundidade de músculo (PM) e espessura de toucinho (ET), ganho de peso diário (GPD) e consumo de ração diário (CRD) e parâmetros sanguíneos .....	71
---	----

### CAPÍTULO 3

#### “Farelo de mamona autoclavado na alimentação de frangos de corte”

Tabela 1. Composição percentual calculada da dieta experimental .....	84
Tabela 2. Composição percentual calculada das dietas experimentais do desempenho de frangos de corte .....	87
Tabela 3. Composição química e valores de energia bruta do farelo de mamona autoclavado .....	88
Tabela 4. Valores médios em base na matéria seca (MS) dos parâmetros calculados, coeficiente de metabolizabilidade da MS, PB e EB (CMAMS, CMAPB, CMAEB) e energia metabolizável aparente (EMA), e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) da ração referência (RR) e das rações com 8, 16 e 24% de substituição da RR pelo Farelo de Mamona Autoclavado em frangos de corte .....	89
Tabela 5. Valores médios dos coeficientes de metabolizabilidade da MS, PB e EB (CMAMS, CMAPB e CMAEB), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) em base de matéria natural (MN) do farelo de mamona autoclavado nos diferentes níveis de substituição da RR .	90
Tabela 6. Médias para o peso no final da fase (PESO, g), ganho de peso diário (GP, g), consumo de ração diário (CR, g) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis crescentes de FMAut. ....	91
Tabela 7. Nível de significância para tratamento e médias para os parâmetros bioquímicos de glicose, ureia, ácido úrico, proteína total, albumina, globulina, creatinina, colesterol e as transaminases glutâmico oxalacética - TGO e pirúvica - TGP dos frangos de corte alimentados com diferentes níveis de FMAut. ....	93
Tabela 8. Avaliação de carcaça do peso ao abate - PA, peso das vísceras - PVIS, peso da carcaça quente - PCARC Q, peso da carcaça fria - PCARC F e peso dos cortes e carne, de frangos de corte aos 43 dias quando alimentados com níveis crescentes de FMAut. ....	95
Tabela 9. Avaliação dos órgãos e gorduras de frangos de corte aos 43 dias quando alimentados com níveis crescentes de FMAut. ....	95

## LISTA DE FIGURAS

pág.

### CAPÍTULO 1 (Referencial Teórico)

Figura 1. Histórico da produção e produtividade de mamona no Brasil de 2000/01 a 2013/14, fonte: própria, com dados da CONAB, 2014 .....	17
Figura 2. Etapas de produção do biodiesel e geração dos co-produtos, fonte: própria. ...	19
Figura 3. Estrutura da ricina, em destaque ponte dissulfeto, fonte: adaptado de Bradberry (2012). .....	21
Figura 4. Mecanismo de entrada da molécula de ricina por endocitose a partir da ligação da cadeia B a carboidratos de membrana, destacado em vermelho, fonte: adaptado de Audi et al. (2005). .....	26
Figura 5. Mecanismo do transporte da ricina do complexo de golgi para o retículo endoplasmático destaque para separação das cadeias no retículo endoplasmático, fonte: adaptado de Audi et al. (2005). .....	27
Figura 6. Mecanismo de atuação do processo de despurinação na organela ribossomal, fonte: adaptado de Stirpe & Batelli (2006). .....	27

## CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A utilização de alimentos alternativos para suínos e frangos de corte tem despertado interesse dos pesquisadores, relativo às características nutricionais, produção e disponibilidade do produto, a fim de minimizar os custos de produção de ração na tentativa da substituição do milho e do farelo de soja.

No entanto, geralmente nesses ingredientes são encontradas substâncias com características anti-nutricionais e/ou tóxicas que podem trazer algum prejuízo no desempenho animal.

O farelo de mamona é um co-produto oriundo da produção do biodiesel, que apresenta características proteicas e que pode ser avaliado em substituição ao farelo de soja na alimentação de suínos e frangos de corte. Porém, apresenta em sua composição substâncias tóxicas e alergênicas (ricina, ricinina e fator CB1-A), além do alto teor de fibra bruta, que de forma *in-natura*, inviabiliza sua utilização como alimento para animais de produção.

A fibra bruta do ingrediente também pode comprometer a digestibilidade e o valor energético dos alimentos, porém dependendo do nível e do tipo da fibra pode afetar diretamente o consumo de ração, aumentar a taxa de excreção de nutrientes e energia, limitar o acesso de enzimas digestivas e diminuir a digestão e absorção dos nutrientes.

Para a utilização do farelo de mamona é necessário utilizar algum tipo processamento de inativação da toxidez a fim de gerar um farelo próprio para o consumo animal. O processamento utilizado neste estudo foi a autoclavagem com 6% de óxido de cálcio em temperatura de 104°C por 90 minutos sendo denominado de farelo de mamona autoclavado (FMAut.).

A presente tese teve por objetivo determinar o valor nutricional do FMAut. através de ensaio de metabolismo em suínos, desempenho, parâmetros sanguíneos e

avaliação de carcaça *in vivo* e determinar o valor nutricional do FMAut. através de ensaio de metabolismo em frangos de corte, desempenho, parâmetros sanguíneos e avaliação de carcaça quando alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão deste farelo nas rações de suínos e frangos de corte.

# **Capítulo 1**

## **REFERENCIAL TEÓRICO**



## **1 Mamona e seus subprodutos**

A mamona (*Ricinus communis* L.) é uma planta do grupo das euforbiáceas, cultivada em maior escala no Nordeste do Brasil e que vem ganhando atenção e espaço nas demais regiões graças à sua grande adaptabilidade (Pina et al., 2005). Segundo Santos et al. (2007) a mamona não é encontrada em locais muito frios e de baixas altitudes e também em alguns ecossistemas como o Pantanal e a Amazônia, sendo esta uma cultura adaptada a temperaturas altas e forte insolação e nesse contexto o Semi-árido nordestino apresenta vantagem de cultivo. Vaz et al. (2010) descrevem que a região Nordeste apresenta área de mais de 4,5 mil ha aptas ao cultivo da mamona e que esta cultura pode ser incorporada a agricultura familiar agregando importância econômica e social.

As sementes de mamona são a fonte do óleo de rícino que segundo Chierice & Claro Neto (2007) apresenta composição química de 89,5% de ácido ricinoléico; 4,2% de ácido linoléico; 3,0% de ácido oléico, e em frações menores de ácidos esteárico, palmítico, diidroxiesteárico e licosanóico. Este óleo possui inúmeras aplicações e pode ser utilizado na indústria ricinoquímica, e de biodiesel, dependendo do tipo de extração.

Até a metade da década de 80, o Brasil era o primeiro produtor mundial de mamona devido ao incentivo de comercialização pela Sociedade Algodoeira do Nordeste Brasileiro S.A (SAMBRA) que produzia uma torta destoxicada designada Lex Proteico (Polit & Sgarbieri, 1976) utilizada em pesquisas para alimentação animal com resultados satisfatórios. Porém, com a falência da empresa na década de 80 provocou uma redução significativa na área plantada dessa cultura, pois inviabilizou seu uso na alimentação animal devido o Lex proteico ser protegido por patente (Alvarenga Júnior & Young, 2013), razão pela qual o Brasil, atualmente, encontra-se na terceira posição, atrás da Índia e da China (Conab, 2013). Segundo Pinotti & Amaral (2013) a cultura da

mamona na Índia apresenta elevado ganho de produtividade, devido ao grande investimento em tecnologia de produção no campo, com produtividade média próxima a 2.000 kg/ha.

Com a implantação do programa de biodiesel no Brasil em janeiro de 2005 houve um novo incentivo para o cultivo da mamona para produção de biocombustíveis.

Na Figura 1 são mostrados dados da produção e produtividade de mamona no Brasil do ano de 2000/01 a 2013/14.



Figura 1. Histórico da produção e produtividade de mamona no Brasil de 2000/01 a 2013/14, fonte: própria, com dados da CONAB, 2014.

Esses dados mostram o comportamento decorrente do estímulo do Governo Federal para a produção de biocombustível a partir de fontes alternativas de óleo vegetal, incluindo a mamona. Houve uma crescente produção a partir do ano de 2005, período que coincide com o início do programa de biodiesel, em seguida um decréscimo em 2011 devido à seca, e em seguida se observa novo aumento de produção e produtividade. Os dados utilizados neste histórico mostram a produção e produtividade nos anos de 1996 de (41,3 mil ton e 345,0 kg/ha), 2005 de (168,8 mil ton e 731,0 kg/ha), 2011 de (24,9 mil ton e 175,0 kg/ha) e 2014 de (69,1 mil ton e 615,0 kg/ha) (Conab, 2014).

Atualmente, existem 67 plantas produtoras de biodiesel autorizadas pela Agência Nacional do Petróleo - ANP para operação no Brasil, correspondendo a uma capacidade total de 22.619,06 m<sup>3</sup>/dia (Brasil, 2014).

O processo de extração do óleo da mamona para a produção do biodiesel é feita a partir do esmagamento da semente completa com casca ou da baga que são sementes descascadas por meio de máquinas apropriadas (Costa et al., 2004). Após esse processo físico são gerados resíduos sólidos (torta e farelo) que devem ser aproveitados para não impactar o meio ambiente, dessa forma, torna-se uma produção sustentável e economicamente viável, além de agregar valor econômico ao produto.

De acordo com Santana (2010) o processamento de extração do óleo na indústria do biodiesel inicia-se pela passagem da baga da mamona por um sistema de pré-limpeza com peneiras oscilantes. Posteriormente, esse material é direcionado a um circuito de bandejas em elevador que direcionam as bagas para o cozimento em equipamento tipo Staker providos de pratos aquecidos a vapor em temperatura de 80°C em vários níveis onde as sementes perdem umidade e são aquecidas para reduzir a viscosidade e facilitar a prensagem.

A prensagem mecânica das bagas é feita por prensas do tipo Expeller por apresentar maior eficiência na retirada do óleo bruto (Pompeu et al., 2013). Esse produto resultante sem a utilização de componentes químicos é denominado torta e, que por ainda conter de 15 a 25% de óleo residual (Balbinot et al., 2006), é direcionada para um extrator através de um tubo “Redler” inclinado que possibilita maximizar a extração do óleo a partir da lavagem com solventes e, então, é transformada em farelo (Souza & Menezes, 2004).

O solvente utilizado para extração desse óleo e formação do farelo é o etanol a frio, pois, de acordo com Rinaldi et al. (2007) este óleo é totalmente miscível em álcool

e é pouco solúvel em hexano. Segundo Loureiro (1962) para cada tonelada de óleo de mamona extraído por processamento industrial é gerado 1,28 tonelada de torta tóxica.

A glicerina é o subproduto líquido, produzido por transesterificação do óleo bruto de mamona que acordo com Mota & Pestana (2011), é uma matéria-prima que pode ser empregada em diversos setores industriais com produção de 10 m<sup>3</sup> de glicerina para cada 90 m<sup>3</sup> de biodiesel. Segundo Berenchtein et al. (2010), pesquisas estão sendo realizadas para viabilizar o uso da glicerina como fonte de energia para suínos.

O fluxograma na Figura 2 demonstra de forma sucinta o processo de produção do biodiesel de mamona e etapas de formação dos co-produtos, que podem ser utilizados de forma alternativa para agregação de valor.

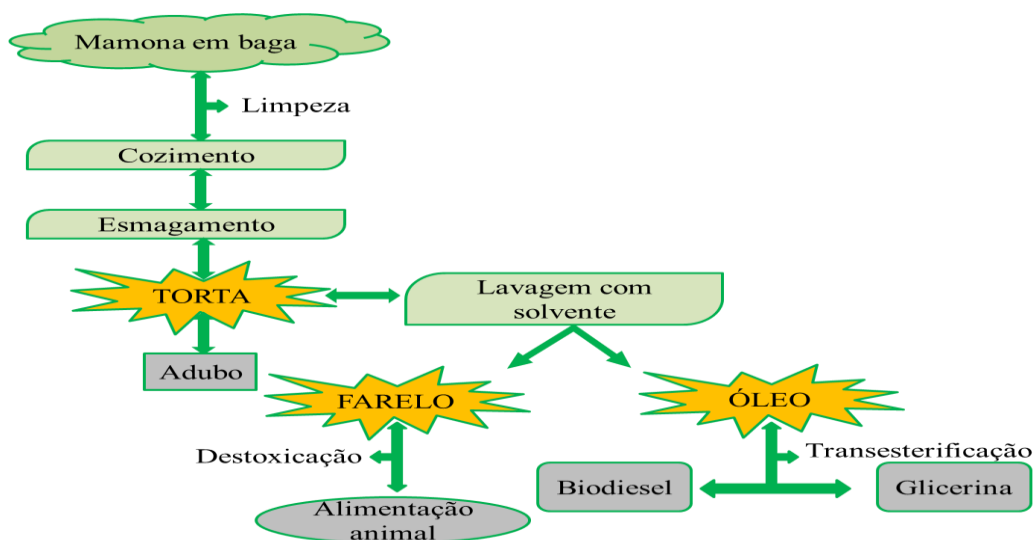


Figura 2. Etapas de produção do biodiesel e geração dos co-produtos, fonte: própria.

Segundo Machado et al. (1954) a torta de mamona pode ser usada como matéria-prima para a produção de aminoácidos, plásticos biodegradáveis, colas, inseticidas e outros produtos. Faria Filho et al. (2010) descrevem que grande parte dos subprodutos tem sido utilizada como fertilizante orgânico uma vez que a mamona apresenta fatores tóxicos e alergênico que inviabiliza seu uso na alimentação animal.

Segundo Ramos & Wilhelm (2005) com a produção de mamona, estabelece-se uma expectativa para que os có-produtos gerados nas usinas de extração de óleo possam ser usados na alimentação animal, a partir de desenvolvimento de novas tecnologias de destoxificação para agregar valor aos co-produtos (Vaz et al., 2010) e viabilizar seu uso como ingrediente de ração com objetivo de reduzir dos custos de produção e comercialização desses produtos.

Abdalla et al. (2008) descrevem que a torta e farelo da mamona formados no processo de produção do biodiesel podem ser usados como ingredientes, porém deve-se levar em consideração a presença de princípios com propriedades tóxicas e alergênicas que, quando de forma livre no alimento podem causar a morte do animal (Silva & Freitas, 2008).

Severino (2005) aponta como os princípios tóxicos e alergênicos a ricina (proteína), aglutininas (lectinas), ricinina (alcalóide) e como fator alergênico CB-1A (complexo alergênico).

#### 1.1 Fatores tóxicos e anti-nutricionais

##### *Ricina*

A ricina é uma proteína presente nas sementes da mamona (*Ricinus communis* L.), que fornece nutrientes durante o período germinativo, bem como é uma proteína de defesa vegetal. Segundo Maltman et al. (2007) é sintetizada como preproricina durante o desenvolvimento das sementes e fica armazenada no lúmen do Retículo Endoplasmático (RE) até sua remoção, quando então, é transformada em proricina e é formada a ponte disulfeto intramolecular entre a cadeia A e a B tornando a proteína madura.

A ricina é uma glicoproteína globular capaz de inativar irreversivelmente a síntese de proteínas em ribossomos de animais, causando a morte celular (Etges et al.

2008; Fernandes et al., 2010) e é classificada como RIPs do tipo 2, sigla em inglês que significa “proteínas inativadoras de ribossomos”.

A concentração dessa proteína na semente pode variar de 32,18 a 3,53 ng/ $\mu$ g entre diferentes genótipos e é encontrada no endosperma das sementes (Baldoni et al., 2011). É formada por duas subunidades funcionalmente diferentes com pesos moleculares distintos Anandan et al. (2005) composta por uma cadeia A (RTA) de 32kDa e uma cadeia B (RTB) de 34kDa que são ligadas por uma única ligação dissulfureto (-S-S-) (Fredriksson et al., 2005) (Figura 3).

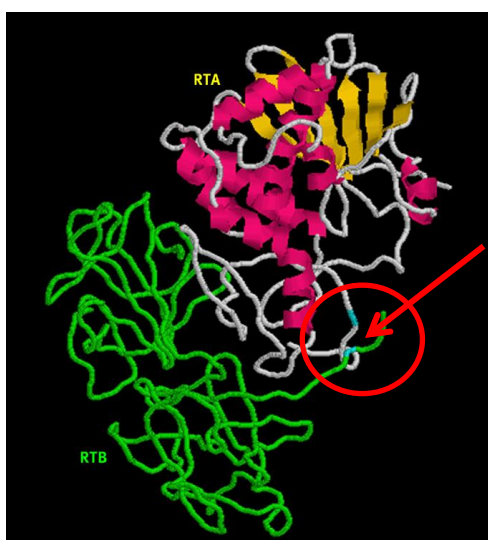


Figura 3. Estrutura da ricina, em destaque ponte dissulfeto, fonte: adaptado de Bradberry (2012).

A cadeia A é a que confere a ação tóxica à ricina, enquanto que a cadeia B, classificada como uma lectina é essencial para permitir a entrada da ricina na célula animal. A entrada ocorre porque a cadeia B da ricina apresenta um sítio receptor específico para um carboidrato de membrana (Severino, 2005) que libera a entrada da fração enzimática cadeia A por endocitose. Audi et al. (2005) descrevem que as cadeias A e B isoladamente não têm função tóxica, porém a atividade catalítica da subunidade A é exclusivamente dependente da subunidade B e, quando quebrada a ponte dissulfeto que as unem, as partes resultantes não são tóxicas em células eucarióticas.

Motanaro et al. (1973) atribuem à subunidade A atividade catalítica devido a sua função de ataque ribossomal que inativa a síntese proteica, de forma, que uma única molécula de ricina pode inativar cerca de 2000 ribossomos por minuto (Olsnes et al., 1975).

Esta toxina já foi utilizada criminosamente por diversas vezes em ataques bioterrorista desde os anos 70 e, recentemente, em abril de 2013 os noticiários do mundo todo divulgaram a notícia do envio carta com ricina para o presidente dos Estados Unidos, Barack Obama, e ao senador republicano Roger Wicker, interceptadas pelo serviço secreto do país.

A ricina também vem destacando sua importância na área médica decorrente se sua possível atuação exterminadora de células cancerígenas, sendo utilizada como uma imunotoxina. Para chegar ao alvo esta toxina é ligada a um anticorpo que reconhece especificamente a célula que se deseja eliminar, possibilitando que a ricina penetre na célula desejada e provoque a toxidez (Olsnes, 2004).

A entrada da ricina no organismo do animal pode ser de três maneiras: por via enteral (oral), respiratória (inalação) ou parenteral (injetável). Segundo Colasso & Azevedo (2012), dependendo das formas de entradas no organismo, a ricina, provoca patologias pulmonares, gastroenterites hemorrágicas, convulsões, insuficiência renal e hepática, irritação nos olhos, nariz e garganta, além de afetar o coração, as células nervosas e o baço.

Pelas vias aéreas a ricina atinge os alvéolos pulmonares, estruturas responsáveis pelo processo de trocas gasosas, devido esta região ser coberta por redes capilares para facilitar o processo respiratório, ela consegue facilmente atingir as vias circulatórias no organismo, sendo uma via muito rápida para a toxidez. O processo ocorre seguinte a exposição inalatória da ricina que causa inflamação alveolar resultando no aumento do

endotélio pulmonar, que como consequência, permite a translocação da ricina para o sangue (Cook et al., 2006). Este fator segundo Griffiths et al. (1995) é diretamente influenciado pelo tamanho da partícula de ricina inalada, visto que, partículas com tamanhos maiores que 10  $\mu\text{m}$  não são capazes de atingir os níveis brônquio-alveolares.

Segundo Griffiths et al. (1995) a ricina, quando inalada, causa edema pulmonar associado de inflamação aguda seguida de necrose nos alvéolos (alveolite destrutiva). Além disso, Kumar et al. (2004) relatam os efeitos relacionados com hemorragia do miocárdio e diminuição da pressão sanguínea decorrente da vasodilatação, quando administrado por via intravenosa.

Pela via parenteral, a ricina é injetável diretamente na circulação e atinge rapidamente as células dos tecidos, sendo a mais rápida via do metabolismo tóxico, em consequência, a vítima vem a óbito em período curto. Audi, et al. (2005) descrevem que a dose letal da ricina injetada em ratos é de aproximadamente 5 a 10  $\mu\text{g}/\text{kg}$  e de 1 a 1,75  $\text{mg}/\text{kg}$  em cães e segundo Gardner Jr. et al. (1960) para coelhos é de 0,5  $\text{mg}/\text{kg}$ .

Através da via enteral, a ricina apresenta uma dose letal maior em relação às outras vias. De acordo com Brito & Tokarnia (1996) em trabalhos com coelhos introduzindo ricina por via intragástrica encontraram como dose letal a concentração de 1 a 2  $\text{g}/\text{kg}$ , bem maior quando comparada por outras vias. Isto pode está relacionado à presença de substâncias digestivas que podem diminuir esta atividade da toxidez, como também, a deficiência de absorção por macromoléculas e transferência de ricina para a corrente sanguínea pela digestão.

Segundo He et al. (2010) demonstram que as secreções gástricas, o epitélio da mucosa e a imunidade intestinal podem apresentar-se como fortes barreiras para a absorção e distribuição da ricina. Ishiguro et al. (1992) afirmam que cerca de 20 a 40% da ricina ingerida por ratos é excretada de forma intacta nas fezes em até 72 h após a



ingestão. Em casos em que existem lesões nos tecidos da mucosa do trato digestivo, essa molécula atinge a circulação, pois provavelmente, a ricina que passa pelo processo digestivo, não poderá passar intacta pelas vilosidades intestinais. De acordo com Cook et al. (2006) é somente quando as barreiras intestinais tornam-se mais permeáveis, através um estado inflamatório ou talvez através de dano tecidual, é que a ricina passa para a corrente sanguínea e é transferido para outros tecidos.

Caso esta proteína sofra algum processo enzimático, durante a digestão, será hidrolizada em aminoácidos ou pequenos peptídeos, perderá a sua atividade tóxica, e poderá ser utilizada metabolicamente pelo seu valor nutricional, contudo, Yoshitake et al. (1979) afirmam que a enzima tripsina é incapaz de hidrolisar a ricina. Vale salientar, que na digestão proteica além da tripsina, outras enzimas integram este processo, não sendo encontradas na literatura outras informações que relacionem a hidrólise da ricina com outras fontes de enzimas proteolíticas endógenas.

Em estudos com ratos Ishiguro et al. (1992) descrevem que após a ingestão da ricina, esta, somente é absorvida aproximadamente após um período de 2 horas e, quando atinge a corrente sanguínea, acumula-se principalmente no fígado e baço. São necessários mecanismos particulares em seu processo metabólico, para que seja permitido a inativação ribossomal que, conseqüentemente, levará à morte celular (Baldoni et al., 2011).

Brito & Tokarnia (1996) avaliaram os efeitos da toxicidade da mamona após terem administrado doses de 0,5; 1,0 ou 2,0g/kg de sementes de mamona triturada por sonda intragástrica em coelhos e encontraram como resultados o óbito desses animais em um intervalo de 1 a 15 dias após o teste, com presença de processo inflamatório e hemorrágico na mucosa do intestino delgado e grosso, no córtex renal e nódulos linfáticos, comprovando a toxicidade da ricina.

Kumar et al. (2004) citam que a partir da exposição da ricina por via oral, observam-se sintomas como náuseas, vômitos, diarreia e, posteriormente, inchaço nos gânglios linfáticos com hemorragias e os órgãos como baço, fígado, rins, pulmões e coração são afetados, assim como ocorre necrose gástrica e enterite aguda (He et al., 2010). Bradberry (2004) descreve que resultados avaliados em humanos e animais no *post-mortem* observam-se lesões hemorrágicas intestinais difusas, bem como histologia consistente nos órgão com o aparecimento de morte celular por apoptose.

Challoner & McCarron (1990) relatam que a presença da ricina pode causar alterações bioquímicas relacionadas a leucitoses, elevação das transaminases e creatinina, hiperbilirrubinemia, anemia, e diminuição dos níveis de glicose no sangue, proteína total, com aumento do nível de ureia assim como insuficiência renal (Kumar et al., 2004). Neste estudo, atribui-se a diminuição do nível de proteína por possíveis perturbações da função hepática pelo processo de inibição da síntese da proteína e aumento dos níveis de ureia e ácido úrico, decorrentes da liberação de aminoácidos livres após a morte celular.

Mesmo com a alta toxidez é possível desenvolver imunidade contra os efeitos tóxicos da ricina. Em estudos com humanos realizados, Vitetta et al. (2006) descobriram uma vacina chamada de RiVax, que prepara o sistema imunológico à toxicidade da ricina. Johnson et al. (2005) propõem métodos mais recentes de detecção a exposição de ricina a partir da avaliação da ricinina na urina como um biomarcador até 48 horas após a exposição.

Gregers et al. (2013) relatam que o mecanismo de toxicidade da ricina inicia-se a partir da cadeia de lectina que liga-se a carboidratos de membrana (glicolipídeos ou glicoproteínas). De acordo com Olsnes (2004), esta união ocorre nas frações de  $\beta$ -D-

galactopiranosídeo, permitindo a entrada da molécula por endocitose no citosol celular (Figura 4).

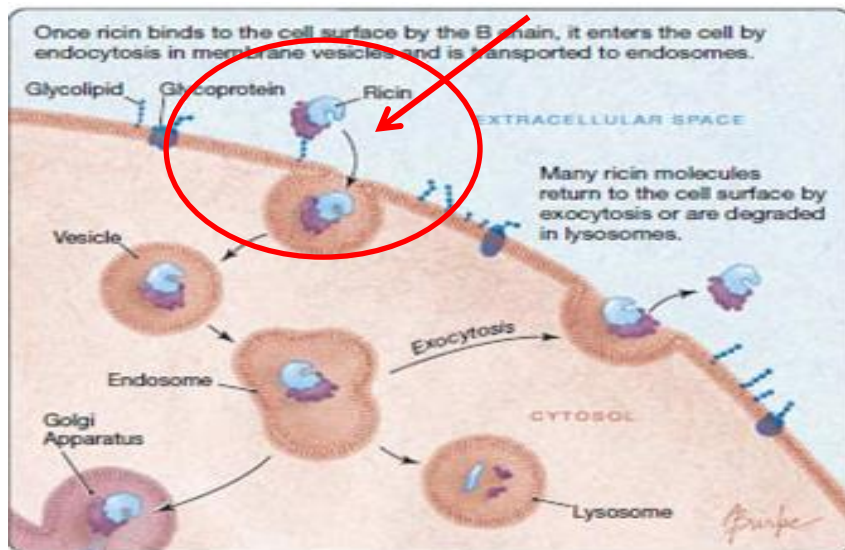


Figura 4. Mecanismo de entrada da molécula de ricina por endocitose a partir da ligação da cadeia B a carboidratos de membrana, destacado em vermelho, fonte: adaptado de Audi et al. (2005).

Essa particularidade que a molécula de ricina tem em ligar-se à galactose de membrana, é pelo mecanismo clatrina-dependente (Gregers et al., 2013) além de facilitar a entrada na célula é também necessária para permitir a ligação em outras moléculas que facilitam o transporte intracelular em direção ao Complexo de Golgi.

Uma vez dentro da célula, a molécula é transportada em vesículas (endossomos), parte dela retorna a superfície celular (exocitose), parte é degradada pelos lisossomos e uma pequena parte é direcionada para a rede trans-Golgi (Olsnes, 2004). Do Complexo de Golgi a molécula é transportada para o retículo endoplasmático (Figura 5) pelo qual se acredita que existe uma afinidade da lectina a um resíduo de galactose presente na calreticulina (glicoproteína), que por sua vez apresenta uma sequência de quatro aminoácidos chamada KDEL na região C-terminal (Falnes & Sandvig, 2000; Sandving et al., 2010) e com isso seja transportada para o retículo endoplasmático que se internaliza na organela por endocitose (Liu et al., 2006).

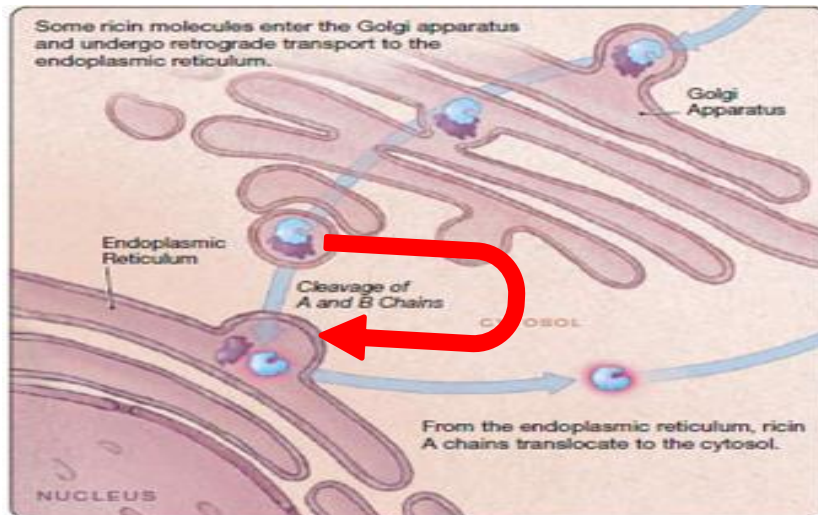


Figura 5. Mecanismo do transporte da ricina do complexo de golgi para o retículo endoplasmático destaque para separação das cadeias no retículo endoplasmático, fonte: adaptado de Audi et al. (2005).

A partir de então, Spooner (2004) afirma que é no retículo endoplasmático que a ponte dissulfeto é clivada e a cadeia A é separada da cadeia B na presença das enzimas “*protein disulfide isomerase - PDI*” e “*thiredoxin reductase*”, exercendo sua função catalítica. A cadeia A inibe a síntese proteica por inativação irreversível dos ribossomos eucarióticos numa região de “*loop*” no RNA ribossomal, através da remoção de uma adenina (Figura 6), mais especificamente no circuito 28S, nomeada alça sarcina-ricina e na posição 4324 dentro da subunidade 60S do ribossomo (Audi et al., 2005).

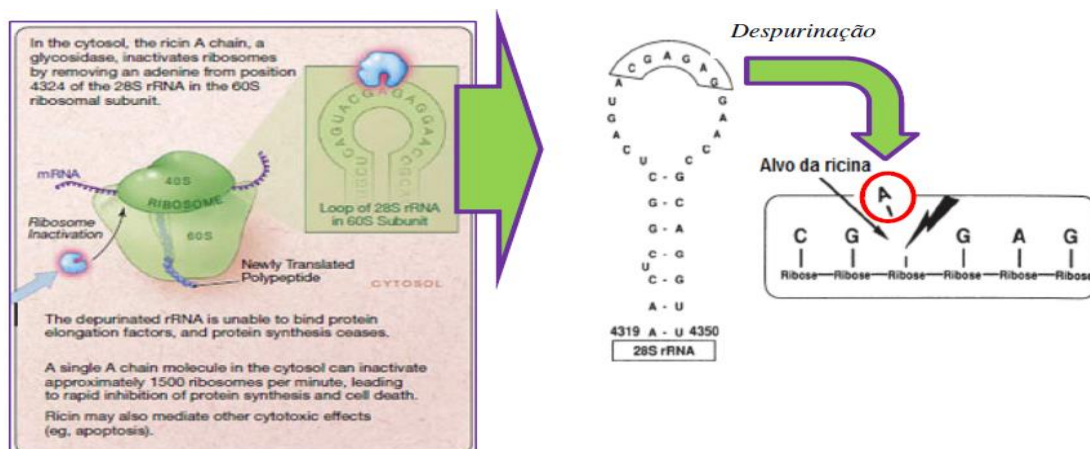


Figura 6. Mecanismo de atuação do processo de despurinação na organela ribossomal, fonte: adaptado de Stirpe & Batelli (2006).

Endo & Tsurugi (1987) observaram que a cadeia catalítica da ricina, inativa os ribossomos por clivar de forma hidrolítica a ligação N-glicosídica na região 28S do RNA ribossomal, que bloqueia o processo de tradução, e que este efeito interfere diretamente no fator de alongamento EF-1 e EF-2 (Sturm & Schramm, 2009) das proteínas e, assim, os ribossomos não podem dar suporte à síntese proteica. Audi et al. (2005) relatam que esse processo é tão eficiente que uma única molécula de ricina é suficiente para matar a célula.

Liu et al. (2006) retratam que, após a quebra das cadeias no retículo, a cadeia catalítica utiliza uma rota desconhecida para o ataque dos ribossomos citosólicos. Estes autores hipotetizaram que a cadeia atravessaria os poros do retículo endoplasmático em sentido inverso através da utilização de proteínas mutantes de transportes sem provocar a degradação pelos proteossomas. Em estudos recentes, Gregers et al. (2013) atribuem essas possíveis ajudas no transporte da cadeia A, às chaperonas presentes no retículo endoplasmático, que são responsáveis por dar conformação de dobramento as proteínas, transportes e controle sobre a formação da proteína feita no retículo.

### *Aglutininas*

A mamona possui outras lectinas glicoproteicas, como a aglutinina que não é diretamente citotóxica, mas tem afinidade por aglutinar as células vermelhas do sangue causando hemólise, sendo apenas observado o efeito quando administrada por via endovenosa (Hedge & Podder, 1992).

### *Ricinina*

A ricinina é um alcalóide de pouca toxicidade que está presente nas sementes e folhas da mamona com fórmula molecular  $C_8H_8O_2N_2$  e nome químico 3-ciano-4-metoxi-N-metil-2-piridona (Leite et al., 2005). É responsável pela defesa do vegetal quando este é submetido a condições de estresse (Darby et al., 2001). O teor de ricinina

varia em diferentes partes da planta, sendo encontrado 1,3 % nas folhas; 0,03 % no endosperma da semente e 0,15 % na casca da semente (Santos et al., 2013).

Segundo Bradberry et al. (2003) a ricinina quando ingerida pelos animais, apresenta ação moderada no organismo, decorrente sua baixa concentração nas sementes. Fernandes et al. (2010) descrevem que a atuação da ricinina isoladamente no organismo do animal não apresenta atividade tóxica, sendo esta toxidez atrelada à presença de ricina.

Tratamentos térmicos para destoxicação da mamona não são eficientes para a ricinina, pois de acordo com Leite et al. (2005) esta apresenta ponto de fusão entre 200 e 201°C e uma temperatura de sublimação de 152°C.

#### *Fator alergênico CB1-A*

O fator alergênico CB1-A “*Castor Bean Allergen*” é formado por um complexo de proteínas e polissacarídeos (glicoproteínas) sem toxicidade, porém com alta alergenicidade (Santos et al. 2013), e seu efeito ocorre principalmente por inalação (Silva et al., 2012). Segundo Pina et al. (2005) o contato com as frações alergênicas da mamona pode provocar severas reações cutâneas e irritações graves no sistema respiratório. Conforme Oliveira (2010) esse complexo alergênico é resistente a tratamentos térmicos de eliminação e causam problemas em pessoas quando manipulam torta ou farelo de mamona sem equipamentos de proteção adequados.

A alergia é causada principalmente pela inalação da poeira da torta que pode comprometer a integridade fisiológica do animal com irritação das mucosas dos olhos e nariz, congestão nasal e urticária em várias partes do corpo do animal (Freire et al., 2007). Em trabalho de pesquisa Machado et al. (2003) forneceram dados bioquímicos e imunológico para a presença de nove diferentes frações diferentes de albumina 2S em sementes de mamona. Segundo Anandan et al. (2005) essas frações correspondem a

12,5% do peso da torta de mamona e são determinadas por métodos específicos com precipitação de antígenos diluídos.

#### *Fibra bruta*

Alguns pesquisadores descrevem que o farelo de mamona apresenta-se como alimento fibroso com variação nos teores de fibra bruta de 24 a 29% (Santana, 2010), de 27,62% (Pimentel, 2013) e 18,50% (Rostagno et al., 2011), variações estas, relacionadas ao tipo de processamento de inativação dos componentes tóxicos utilizados.

Vandehoof (1998) justifica o efeito anti-nutricional da fibra em não-ruminantes decorrente da facilidade de hidratação dessa fração fibrosa atuando como barreira física decorrente do aumento da viscosidade, capaz de limitar o acesso das enzimas digestivas aos demais nutrientes da digesta, diminuindo o processo de digestão.

A fibra da dieta está diretamente relacionada aos componentes da parede celular presentes nas células vegetais como os carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose e pectina), e a lignina que é classificada como composto fenólico (Gomes et al., 2007). De acordo com Gomes et al. (1994) os carboidratos estruturais são degradados através do processo de fermentação no intestino grosso dos animais não-ruminantes, visto que somente microorganismos são capazes de degradar as ligações glicosídicas do tipo  $\beta$  entre os monossacarídeos que ocasionará então, uma baixa digestibilidade da fração fibrosa pela presença desse complexo celulolítico do alimento (Santos et al., 2013).

Apesar da contribuição energética que a fibra tem após o processo fermentativo, pode provocar efeitos deletérios sobre os coeficientes de digestibilidade dos componentes nutritivos do alimento podendo causar deficiência de absorção e aumento na excreção de proteína endógena em suínos (Schulze et al., 1994). Refstiea et al. (1999) descrevem que esses efeitos estão relacionados com alterações fisiológicas na

passagem do alimento pelo trato gastrintestinal de não-ruminantes, ressaltando a importância do tipo, qualidade de fibra a ser inserida por espécie animal.

### 1.2 Processamentos de inativação do farelo de mamona

Embora seja rico em proteína bruta (39,20%) de acordo com Rostagno et al. (2011) o farelo de mamona precisa sofrer processos de destoxicação com inativação da ricina para ser incorporado com segurança à ração de não-ruminantes.

Olsnes (2004) descreve em sua revisão que pesquisadores no mundo todo vêm a bastante tempo procurando formas de eliminação da toxicidade e alergenicidade do farelo de mamona tendo-se obtido alguns resultados satisfatórios embora alguns passos tecnológicos ainda necessitem ser melhorados para que o produto possa tornar-se palatável e economicamente viável.

Gardner Jr et al. (1960) avaliaram diversos processamentos físicos e químicos para eliminação da ricina e compostos alergênicos do resíduo da mamona e conseguiram eliminá-los por completo nos tratamentos com aquecimento a seco a 205°C; no cozimento da torta em flocos por autoclavagem em pressão de 20 psi na presença de 2% de hidróxido de sódio (NaOH), cozimento com 0,9% de ácido clorídrico (HCl) e 3% de metanal (H<sub>2</sub>CO), porém eles concluíram que os tratamentos eficazes na destoxicação são inviáveis economicamente para a época dos estudos, por requer aparelhagens de custo elevado.

Na década de 60, a SANBRA desenvolveu um processo de destoxicação do farelo de mamona denominado Lex Proteico que foi aplicado em escala industrial e proporcionou a obtenção de um produto considerado seguro para a alimentação animal (Polit & Sgarbieri, 1976). E após a falência da empresa nos anos 80 este processamento não foi mais executado por ter sido protegido por patente.



Na Índia, Anandan et al. (2005) compararam diferentes métodos físicos e químicos de tratamentos para o farelo de mamona como autoclavagem, cozimento, aquecimento, fervura e embebição e a utilização de hidróxido de cálcio, hidróxido de sódio, amônia, cloreto de sódio, formaldeído ou tanino. Após os testes de toxidez comprovaram que somente o método físico de autoclavagem a 15 psi por 60 minutos e o tratamento químico com hidróxido de cálcio (40 g/kg de farelo de mamona) mostrou completa inativação da ricina.

Fernandes et al. (2012) estudaram diferentes processamentos de inativação do farelo de mamona com a fermentação em estado sólido (FES) e utilização de compostos de cálcio em diferentes concentrações: 4 ou 8% de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ). Concluíram que a utilização da fermentação em estado sólido (FES) mostrou-se eficiente para destoxificação da torta de mamona e produção de lipases microbianas; a utilização do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) não foi eficaz na destoxicação do farelo. Porém, os processamentos com a utilização de 8% de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), e as concentrações de 4 ou 8% de óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) inativaram a ricina.

O método empregado por Silva et al. (2012) foi o uso secador elétrico de bandeja modelo PE 100 semi-industrial para o tratamento térmico do farelo de mamona com coletas de amostras em intervalos de uma hora para análise do teor de ricina. Segundo estes autores, os resultados mostraram que o uso desse secador elétrico para o tratamento de destoxicação do farelo de mamona apresentou resultados satisfatórios para a temperatura de 90°C por seis horas, tendo redução em, aproximadamente, 100% do teor de ricina.

Furtado et al. (2012) avaliaram quatro métodos distintos de destoxicação da torta de mamona que foram o uso do calcário calcítico (60 g/kg de torta de mamona), fosfato

monobalcálcico (60 g/kg de torta de mamona), ureia (10 g/kg de torta de mamona) e torta de mamona tratada com autoclave a 15 psi por 60 minutos sem utilização de agente químico. Estes autores concluíram que os processamentos utilizados não promoveram a retirada total da ricina na torta de mamona.

## 2 Farelo de mamona na alimentação de não-ruminantes

O farelo de mamona torna-se uma fonte alternativa para a alimentação de não-ruminantes devido a sua caracterização nutricional principalmente relacionado aos níveis proteicos.

### 2.1 Composição nutricional e energética do farelo de mamona

O farelo de mamona apresenta em sua composição bromatológica valores de 89,40% de MS; 39,20% de PB; 1,55% de EE; 18,50% de FB; 82,60% de MO; 6,80% de MM; 0,62% de Ca e 0,21% de P total (Rostagno et al., 2011).

Na Tabela 1, encontram-se valores correspondentes à composição aminoacídica da torta e do farelo de mamona, juntamente com o farelo de soja, encontrados por alguns autores.

Tabela 1. Conteúdo de aminoácidos totais da torta de mamona, farelo de mamona e farelo de soja expressos na matéria natural

Nutriente (%)	<sup>1</sup> Torta de Mamona	<sup>2</sup> Farelo de Mamona	<sup>3</sup> Farelo de Mamona	<sup>4</sup> Farelo de Soja 45%
Lisina	0,67	0,78	0,94	2,77
Metionina	0,63	0,61	0,48	0,64
Triptofano	0,09	0,58	-	0,62
Treonina	1,22	1,13	0,95	1,78
Arginina	3,50	3,21	3,04	3,33
Valina	2,43	1,78	1,45	2,16
Isoleucina	1,89	1,75	1,15	2,10
Leucina	2,82	2,68	1,73	3,52
Histidina	0,56	0,56	0,59	1,17
Fenilalanina	1,77	1,35	1,13	2,30

<sup>1</sup>Composição aminoacídica da torta de mamona de acordo com Benesi (1979) citado por Freire et al. (2007);

<sup>2,4</sup>Composição aminoacídica do farelo de mamona e farelo de soja 45% de acordo com Rostagno et al. (2011);

<sup>3</sup>Composição aminoacídica do farelo de mamona com processamento de recuperação do etanol a 80°/ 20 min e secagem a 80° (Santos, 2011).

Os ingredientes mencionados apresentam valores diferentes em composição aminoacídica quando comparados entre si, mesmo assim podem atribuir características proteicas para utilização como fonte alternativa ao farelo de soja na ração de não-ruminantes.

Segundo Severino (2005) os baixos teores de lisina e triptofano no farelo de mamona quando comparado aos encontrados no farelo de soja, faz com que seja necessária a utilização de aminoácidos sintéticos na formulação das rações para cavalo, suíno, aves e peixes.

Trabalhos avaliando o farelo de mamona para animais não-ruminantes foram encontrados diferentes valores de Energia Metabolizável Aparente (EMA) e Energia Metabolizável Aparente corrigida para retenção de nitrogênio (EMAn). Santana (2010) determinou valores de EMA entre 2603 a 2849 kcal/kg e EMAn 2709 a 2781 kcal/kg para frangos de corte alimentados com diferentes processamentos do farelo de mamona. Nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos são descritos os valores de EMA para aves de 1484 kcal/kg e EMA para suínos de 2084 kcal/kg (Rostagno et al., 2011).

Santos (2011) trabalhando com diferentes processamentos de inativação da toxicidade do farelo de mamona para codornas japonesas encontrou valores de EMA entre 2409 e 2580 kcal/kg e EMAn entre 2344 e 2513 kcal/kg. Entretanto, Pimentel (2013) utilizando o processamento de autoclavagem com óxido de cálcio no farelo de mamona e determinou valor de 2267 kcal/kg de EMAn para codornas japonesas.

2.2 Uso do farelo de mamona em dietas sobre o desempenho de animais não-ruminantes

A partir da determinação da EMA e EMAn de diferentes processamentos do farelo de mamona é possível avaliá-lo nas diferentes espécies de animais não-

ruminantes, a partir de ensaios de desempenho com formulação de rações balanceadas utilizando esse ingrediente alternativo.

Gadelha et al. (1973) substituindo o farelo de soja pelo farelo de mamona destoxicado nos níveis 0; 4; 8 e 12% em rações para pintos de 1 a 21 dias e encontraram como resultado que o melhor nível para substituição foi de 8%, sem efeito negativo sobre o consumo de ração e ganho de peso.

Benesi (1979), ao trabalhar com suínos alimentados com rações formuladas em base de proteína bruta com níveis de 0; 33; 66 e 99% de substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona destoxicado, observou piora no desempenho dos animais, atribuindo o resultado à deficiência aminoacídica e não à toxicidade da ricina. Isto é compreensível, pois na época não suplementavam-se as rações com os aminoácidos limitantes. Como o farelo de mamona apresenta valores de aminoácidos inferiores ao farelo de soja, com a crescente substituição do farelo de soja pelo farelo de mamona a deficiência de aminoácidos foi se agravando, comprovando o que foi exposto na Tabela 1 em que a lisina do farelo de soja é 3,55 vezes maior que a encontrada no farelo de mamona, e, sendo o aminoácido caracterizado como primeiro limitante da espécie estudada, seu desbalanceamento na ração causou queda do desempenho dos suínos.

Em estudos com frangos de corte na Nigéria, Ani (2007) avaliou o aminoácido sintético L-lisina HCl em níveis de 0; 0,25 e 0,5% em rações com níveis de 0, 10, 15 e 20% de farelo de mamona processado por cozimento a 100°C por 50 minutos e seco por uma noite em estufa a 100°C. Estes autores concluíram que o melhor nível de inclusão foi de 10% do farelo de mamona na ração sem suplementação de lisina e o nível de 15% quando suplementado com L-lisina obtendo resultados zootécnicos satisfatórios.

Santana (2010) avaliou farelos de mamonas com diferentes formas de destoxicação da ricina em experimento de digestibilidade em frangos de corte e

concluiu que, o emprego de temperaturas elevadas no etanol (110°C) em uma das etapas de extração do óleo permite o emprego do farelo na alimentação animal.

Avaliando o farelo de mamona sem processamento e processado com lavagem com soda cáustica por 18h e depois secagem ao sol em dietas testes com níveis crescentes na ração de 2,5; 5,0 e 10% em ratos, Akande et al. (2011), observaram letalidade para todos os níveis do farelo de mamona não tratado e que o nível máximo avaliado de 10% para o farelo tratado com soda cáustica apresentou resultados satisfatórios.

Santos (2011) trabalhando com codornas avaliando níveis de 0; 5; 10; 15 e 20% de farelo de mamona destoxicado com processamento de extração via etanol com recuperação do álcool a 110°C por 15 minutos e secagem em alta temperatura (110°C), recomenda o nível ótimo de 10%, sem comprometer os parâmetros produtivos e as características de qualidade do ovo.

Akande & Odunsi (2012) ao avaliarem três tratamentos de destoxicação do farelo de mamona: fermentação, cozimento e lavagem da torta com soda cáustica, adicionados em níveis crescentes de 0; 10; 15 e 20% na ração de frangos de corte, concluíram que o tratamento com lavagem com soda cáustica foi o melhor entre os demais e o melhor nível de inclusão foi de 15% sem comprometer os parâmetros zootécnicos e hematológicos das aves.

Pimentel (2013) avaliou a substituição do farelo de mamona autoclavado com 6% de óxido de cálcio por 90 minutos pelo farelo de soja em níveis crescentes de 0; 7; 14; 21 e 28 % no desempenho de codornas japonesas concluiu que o farelo de mamona autoclavado pode ser utilizado na alimentação de codornas japonesas na fase de postura em níveis de inclusão de até 21%, sem comprometer os principais parâmetros produtivos e a qualidade dos ovos.

### **3 Considerações finais**

Existe a necessidade de mais estudos para a utilização do farelo de mamona, pois é um ingrediente bastante promissor a ser incorporado em dietas de não-ruminantes no Nordeste brasileiro decorrente da produção de biodiesel. Porém, a viabilidade de seu uso na formulação de rações vem despertando a curiosidade de pesquisadores que, a cada dia, tornam o co-produto mais atraente quando se objetiva produtividade máxima e a minimização dos custos de produção, em especial, com a nutrição.

#### 4 Referências bibliográficas

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**, v.37, suplemento especial, p.260-258, 2008.

AKANDE, T.O.; ODUNSI, A.A.; ADEDEJI, O.S. Toxicity and nutritive assessment of castor (*Ricinus communis*) oil and processed cake in rat diet. **Asian Journal Animal Science**, v.5, p.330-339, 2011.

AKANDE, T.O.; ODUNSI, A.A. Nutritive value and biochemical changes in broiler chickens fed detoxified castor kernel cake based diets. **African Journal of Biotechnology**, v.11, n.12, p.2904-2911. 2012.

ALVARENGA JR, M.; YOUNG, C.E.F. Produção de biodiesel no Brasil, inclusão social e ganhos ambientais. **In: IV Encontro Latinoamericano de Economia da Energia (ELAEE.)**, Montevideo, 8-9 de Abril 2013. Disponível em: <[http://www.ie.ufrj.br/images/gema/Gema\\_Artigos/2013/Alvarenga\\_Young\\_2013\\_ELAEE\\_Biodiesel\\_no\\_Brasil.pdf](http://www.ie.ufrj.br/images/gema/Gema_Artigos/2013/Alvarenga_Young_2013_ELAEE_Biodiesel_no_Brasil.pdf)>. Acesso em 21 dez. 2013.

ANANDAN, S.; KUMAR, A.G.K.; GHOSH, J.K.S. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, n.1, p.159-168, 2005.

ANI, A.O. Effects of graded levels of dehulled and cooked castor oil bean (*Ricinus Communis L*) meal and supplementary l-lysine on performance of broiler finishers. **Journal of Agriculture, Food, Environment and Extension**, v.6, n.1, 2007.

AUDI, J.; BELSON, M.; PATEL, M.; SCHIER J.; OSTERLOH, J. Ricin poisoning: a comprehensive review. **The Journal of the American Medical Association**, v.294, n.9, p.2342-2351, 2005.

BALBINOT, N.S.; SCHNEIDER, R.C.S.; RODRIGUEZ, A.A.L.; KAPPEL, F.I.; PREDIGER, M.H.; LARA, L.R.S.[2006]. Aproveitamento dos resíduos da produção de oleaginosas e da extração de óleo. **Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Sección Uruguay**. Rescatando antiguos principios para los nuevos desafíos del milenio. Montevideo, p.1-6 ilus. Disponível em: <[http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR05423\\_Balbinot.pdf](http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/uruguay30/BR05423_Balbinot.pdf)> acesso em: 10/07/2010.

BALDONI, A.B.; CARVALHO, M.H.; SOUSA, N.L.; NÓBREGA, M.B.M.; MILANI, M.; ARAGÃO, F.J.L. Variability of ricin content in mature seeds of castor bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.46, n.7, p.776-779, jul. 2011.

BENESI, F.J. **Influência do farelo de mamona (*Ricinus communis L.*) destoxicado sobre o proteinograma sanguíneo e desempenho de suínos**. 1979. 63 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária)- Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Veterinária, Belo Horizonte.

BERENCHTEIN, B.; COSTA, L.B.; BRAZ, D.B.; ALMEIDA, V.V.; TSE, M.L.P.; MIYADA, V.S. Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1491-1496, 2010.

SANTANA-SILVA, J. C. N. Farelo de mamona autoclavado na alimentação de suínos e...

BRADBERRY, S. Ricin and abrin poisoning: mechanism of toxicity, features and management. **Journal of Toxicology: Clinical Toxicology**. v.42, n.4, p.398, 2004.

BRADBERRY, S. Ricin and abrin. **Medicine**. v. 40, n.2, p.80-81, 2012.

BRADBERRY, S.M.; DICKERS, K.J.; RICE, P. Ricin poisoning. **Toxicological Review**, v. 22, n.1, p.65-70, 2003.

BRASIL-ANP, Ministério de Minas e Energia - Agência Nacional do Petróleo, Gás natural e Biocombustíveis (ANP). Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 08 jan. 2014.

BRITO, M. F.; TOKARNIA, C. H. Intoxicação experimental pelas sementes trituradas de *Ricinus communis* (Euphorbiaceae) em coelhos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 16, n. 4, p. 00-00, 1996.

CHALLONER, K.R.; MCCARRON, M.M. Castor bean intoxication: review of reported cases. **Annals of Emergency Medicine**. v.19, p.1177-1183, 1990.

CHIERICE, G.; CLARO NETO, S. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona. In: **O agronegócio da mamona no Brasil**. Ed. AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. 2ª ed. rev. e ampl. Brasília-DF, Embrapa Informação Tecnológica, 419-447 pp.; 506 p., 2007.

COLASSO, C. & AZEVEDO, F.A. Riscos da utilização de Armas Químicas. Parte II - Aspectos Toxicológicos. **RevInter Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade**, v.5, n.1, p.7-47, fev. 2012.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento Brasília-DF, 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_08\\_07\\_16\\_53\\_22\\_mamonajulo2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_08_07_16_53_22_mamonajulo2013.pdf)> Acesso em: 08 jan. 2013.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento Brasília-DF, 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_04\\_11\\_17\\_30\\_40\\_mamonamarco2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_04_11_17_30_40_mamonamarco2014.pdf)> Acesso em: 08 jul. 2014.

COOK, D.L.; DAVID, J.; GRIFFITHS, G.H. Retrospective identification of ricin in animal tissues following administration by pulmonary and oral routes. **Toxicology**. v. 223, p.61-70, 2006.

COSTA, F.X.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, R.M.M.; LUCENA, A.M.A.; GUIMARÃES, M.M.B. Avaliação de teores químicos na torta de mamona. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.4, n.2, p.135-146, 2004.

DARBY, S.M.; MILLER, M.L.; ALLEN, R.O. Forensic determination of ricin and the alkaloid marked ricinine from castor bean extracts. **Journal of Forensic Sciences**, v.46, n.5., p.1033-1042, 2001.

ENDO, Y.; TSURUGI, K. RNA N-glycosidase activity of ricin A-chain. Mechanism of action of the toxic lectin ricin on eukaryotic ribosomes. **Journal of Biological Chemistry**. v.262, p.8128-8130, 1987.

ETGES, M.F.; LOSS, G.; CAGLIARI, A.; MARGIS-PINHEIRO, M.; MARGIS, R. - Análise filogenética e estrutural comparativa de RIPs do tipo I e II de *Ricinus communis*



[2008]. In: Ciências Biológicas: sessões temáticas, nº 178 (UFRGS). Disponível em: <[http://viuvabranca.ufrgs.br/propeq/salao/cdsalao2007/CB2008\\_f\\_.pdf](http://viuvabranca.ufrgs.br/propeq/salao/cdsalao2007/CB2008_f_.pdf)> acesso em: 16/05/2010.

FALNES, P.Ø. & SANDVIG, K. Penetration of protein toxins into cells. **Current opinion in cell biology**. v.12, n.4, p.407-413, 2000.

FARIA FILHO, D.E.; DIAS, A.N.; BUENO, C.F.D.; MATOS JÚNIOR, J.B.; COUTO, F.A.P. Subprodutos da mamona na alimentação de aves. **Revista Produção Animal - Avicultura**. Ed.33, 2010.

FERNANDES, K.V.; GODOY, M.G.; GUIMARÃES, Z.; NASCIMENTO, V.V.; MELO, E.J.T.; FREIRE, D.M.G.; MACHADO, O.L.T. Destoxificação da torta de mamona e produção de lipases por fermentação em estado sólido utilizando *Aspergillus niger*. In: Congresso brasileiro de mamona & Simpósio internacional de oleaginosas energéticas- Inclusão Social e Energia 4.,2010, João Pessoa. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, p. 1876-1881, [2010].(CD-ROM).

FERNANDES, K.V.; DEUS-DE-OLIVEIRA, N.; GODOY, M.G.; GUIMARÃES, Z.A.S.; NASCIMENTO, V.V.; MELO, E.J.T.; FREIRE, D.M.G.; DANSA-PETRETSKI, M.; MACHADO, O.L.T. Simultaneous allergen inactivation and detoxification of castor bean cake by treatment with calcium compounds. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 45, n.11, p.1002-1010, 2012.

FREDRISSON, S.A.; HULST, A.G.; ARTURSSON, E.; JONG, A.L.; NILSSON, C.; VAN BAAR, B.L. Forensic identification of neat ricin and of ricin from crude castor bean extracts by mass spectrometry. **Journal of Analytical Chemistry**. v. 77, n.6, p.1545-1555, 2005.

FREIRE, R.M.M.; SEVERINO, L.S.; MACHADO, O.L.T. Ricinoquímica e co-produtos. In: **O agronegócio da mamona no Brasil**. Ed. AZEVEDO, D. M. P.; BELTRÃO, N. E. M. 2ª ed. rev. e ampl. Brasília-DF, Embrapa Informação Tecnológica, p. 419-447; 506 p., 2007.

FURTADO, R.N.; CARNEIRO, M.S.S.; CÂNDIDO, M.J.D.; GOMES, F.H.T.; PEREIRA, E.S.; POMPEU, R.C.F.F.; SOMBRA, W.A. Nutritive value of feeds containing castor bean cake subjected to alternative methods of detoxification for sheep. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.155-162, 2012.

GADELHA, J.A.; FUENTES, M.F.F.; MENDONÇA, H.L.; PEREIRA, R.M.A. Substituição do farelo de soja pelo de mamona destoxicado em rações de pinto. **Ciência Agrônômica**, v.3, p. 71-74, 1973.

GARDNER JR, H.K.; D'AQUIN, E.L.; KOLTUN, S.P.; MCCOURTNEY, E.J.; VIX, H.L.E.; GASTROCK, E.A. Detoxification and deallergenization of castor beans. **The Journal of the American Oil Chemists Society**. v.37, p.142-148, 1960.

GOMES, B.V.; QUEIROZ, A.C.; FONTES, C.A.A.; AMARAL, J.L. Estudo das características físico-químicas de fenos de palhas. II.Efeito sobre a degradabilidade "in situ" da matéria seca, proteína bruta e fibra detergente neutro. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.23, n.2, p.292-304, 1994.

GOMES, J.D.F.; PUTRINO, S.M.; GROSSKLAUS, C.; UTIYAMA, C.E.; OETTING, L.L.; SOUZA, L.W.O.; FUKUSHIMA, R.S.; FAGUNDES, A.C.A.; SOBRAL, P.J.A. Efeitos do incremento de fibra dietética sobre a digestibilidade, desempenho e características de carcaça: I. suínos em crescimento e terminação. **Semina: Ciências Agrárias**, v.28, p.483-492, 2007. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/2990/0>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

GREGERS, T.F.; SKANLAND, S.S.; WALCHLI, S.; BAKKE, O.; SANDVIG, K. BiP negatively affects ricin transport. **Toxins**. v.5, n.5, p.969-982, 2013.

GRIFFITHS, G.D.; RICE, P.; ALLENBY, A.C.; BAILEY, S.C.; UPSHALL, D.G. Inhalation toxicology and histopathology of ricin and abrin toxins. **Inhalation Toxicology**. v.7, n.2, p. 269-288, 1995.

HE, X.; MCMAHON, S.; HENDERSON, T.D.; GRIFFEY, S.M.; CHENG, L.W. Ricin toxicokinetics and its sensitive detection in mouse sera or feces using Immuno-PCR. **Plos One**. v.5, n.9, e12858, 2010.

HEGDE. R.; PODDER, S.K. Studies on the variants of the protein toxins ricin and abrin. **European Journal of Biochemistry**, v. 204, p. 155-164, 1992.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201303comentarios.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201303comentarios.pdf)>. Acesso em: 22 dez. 2013.

ISHIGURO, M.; TANABE, S.; MATORI, Y.; SAKAKIBARA, R. Biochemical studies on oral toxicity of ricin, IV: a fate of orally administered ricin in rats. **Journal Pharmacobiodyn**, v.15, n.4. p.147-156, 1992.

JOHNSON, R.C.; LEMIRE, S.W.; WOOLFITT, A.R.; OSPINA, M.; PRESTON, K.P.; OLSON, C.T.; BARR, J.R. Quantification of ricinine in rat and human urine: a biomarker for ricin exposure. **Journal of Analytical Toxicology**, v.29, n.3, p.149-155, 2005.

KUMAR, O.; NASHIKKAR, A.B.; JAYARAJ, R.; VIJAYARAGHAVAN, R. Purification and biochemical characterization of ricin from castor seeds. **Defense Science Journal**. v.54, n.3, p.345-351, 2004.

LEITE, A.C.; FERNANDES, J.B.; CABRA, E.C.; VIEIRA, P.C.; SILVA, M.F.G.F. - Isolamento do alcalóide ricinina das folhas de *Ricinus communis* através de cromatografias em contracorrente. **Química Nova**, v. 28, n. 6, p. 983-985, 2005.

LIU Q.; ZHAN, J.; CHEN, X.; ZHENG, S. Ricin A chain reaches the endoplasmic reticulum after endocytosis. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. v.343, n.3, p.857-863, 2006.

LOUREIRO, M.C. Torta de semente da mamoneira na alimentação animal. **Revista Ceres**, v.11. n.66, p.290-294, 1962.

MACHADO, A.A.S.; MIRANDA JÚNIOR, G.X.; TRANCOSO, A. Em torno das possibilidades de aproveitamento da torta de mamona. **Inst. Quim. Agric.**, v.35, p. 7-17, 1954.

MACHADO, O.L.T.; MARCONDES, J.A.; SOUZA-SILVA, F.; HANSEN, E.; RIBEIRO, P.D.; VERICIMO, M.; KANASHIRO, M.; KIPNIS, T.L.; SILVA, J.G.; SANTOS, M.F.; COSTA-E-SILVA, M.C. Characterization of allergenic 2S albumin isoforms from *Ricinus communis* seeds. **Allergologie**, v. 26, p.45- 51, 2003.

MALTMAN, D.J.; GADD, S.M.; SIMON, W.J.; SLABAS, A.R. Differential proteomic analysis of the endoplasmic reticulum from developing and germinating seeds of castor (*Ricinus communis*) identifies seed protein precursors as significant components of the endoplasmic reticulum. **Proteomics**. v.7, n.9, p.1513-1528, 2007.

MONTANARO, L.; SPERTI, S.; STIRPE, F. Inhibition by ricin of protein synthesis in vitro. Ribosomes as the target of the toxin. **Biochemistry Journal**. v.136, n.3, p.677-683, 1973.

MOSHKIN, V.A. Castor. New Delhi, Amerind, p.74-80, 1986.

MOTA, C.J.A.; PESTANA, C.F.M. Co-produtos da produção de biodiesel. **Revista Virtual Química**, Niterói, v.3, n.5, p.416-425, out. 2011.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, M.R.C.; BRTIO, A.F.; VALADARES FILHO, S.C.; DETMANN, E.; VALADARES, R.F.D., SOUZA, S.M.; MACHADO, O.L.T. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castor seed meal treated with calcium hydroxide. *Animal Feed Science and Technology*, v.158, n.1, p.15-28, 2010.

OLSNES, S. The history of ricin, abrin and related toxins. **Toxicon**. v. 44, n.4, p.361-370, 2004.

OLSNES, S.; FERNANDEZ-PUENTES, C.; CARRASCO, L.; VAZQUEZ, D. Ribosome inactivation by the toxic lectins abrin and ricin. Kinetics of the enzymic activity of the toxin A-chain. **European Journal of Biochemistry**, v.60, p.281-288, 1975.

PIMENTEL, A.C.S. Utilização do farelo de mamona autoclavado na alimentação de codornas em postura. Recife, 2013. 86 p. Tese Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

PINA, M.; SEVERINO, L.S.; BELTRÃO, N.E.M.; VILLENEUVE, P.; LAGO, R. Novas alternativas de valorização para dinamizar a cultura da mamona no Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 22, n. 2, p.453-462, 2005.

PINOTTI, R.N.; AMARAL, J.G.C. Informações econômicas as mamona como biocombustível **Pesquisa & Tecnologia**, v.10, n. 1, jan-jun. 2013.

POLIT, P.F.; SGARBIERI, V.C. Some physicochemical and nutritional properties of castor bean (*Ricinus communis*) protein. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 24, n. 4, p.795-798, 1976.

POMPEU, R.C.F.F.; BESERRA, L.T.; CÂNDIDO, M.J.D.; BOMFIM, M.A.D.; VIEIRA, M.M.M.; ANDRADE, R.R. Características da carcaça e dos componentes não-carcaça de ovinos alimentados com dietas contendo casca de mamona. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v. 14, n. 3, p. 490-507, 2013.

RAMOS, L.P.; WILHELM, H.M. Current status of biodiesel development in Brazil. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v. 121-124, p.807-820, 2005.

REFSTIEA, S.; SVIHUS, B.; SHEARER, K.D. Nutrient digestibility in Atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharide content in different soyabean products. **Animal Feed Science Technology**, v.79, p.331-345, 1999.

RINALDI, R.; GARCIA, C.; MARCINIUK, L.L.; ROSSI, A.V.; SCHUCHARDT, U. Síntese de biodiesel: uma proposta contextualizada de experimento para laboratório de química geral. **Química Nova**, v.30, n. 5, p.1374-1380, 2007.

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.; EUCLIDES, R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

SANDVIG, K.; TORGERSEN, M.L.; ENGEDAL, N.; SKOTLAND, T.; IVERSEN, T.G. Protein toxins from plants and bacteria: probes for intracellular transport and tools in medicine. **FEBS letters**. v.584, n.12, p.2626-2634, 2010.

SANTANA, J.C.N. Avaliação nutricional e energético dos farelos de mamona sob diferentes processamentos para frango de corte. Recife, 2010. 62p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SANTOS, P.A. Avaliação do farelo de mamona processado na alimentação de codornas japonesas. Recife, 2011. 79p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco,

SANTOS, R.F.; BARROS, M.A.L.; MARQUES, F.M.; FIRMINO, P.T.; REQUIÃO, L.E.G. Aspectos econômicos do agronegócio da mamona. In: **O agronegócio da mamona no Brasil**. Ed. AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. 2ª ed. rev. e ampl. Brasília-DF, Embrapa Informação Tecnológica, p.23-41; 506 p., 2007.

SANTOS, P.A.; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V.; SANTOS, M.J.B.; MELO, A.G.S.; OLIVEIRA, A.C.; CAVALCANTI, A.S.A. Farelo de mamona na alimentação de não-ruminantes. Revista eletrônica Nutritime, v.10, n.6, p.2814-2827, 2013.

SCHULZE, H.; VAN LEEUWEN, P.; VERSTEGEN, M.W.; HUISMAN, J.; SOUFFRANT, W.B.; AHRENS, F. Effect of level of dietary neutral detergent fiber on ileal apparent digestibility and ileal nitrogen losses in pigs. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2362, 1994.

SEVERINO, L. S. **O que sabemos sobre a torta de mamona**. Campina Grande: Embrapa Algodão, documentos, 134, 32p. , 2005.

SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p. 843-851, 2008.

SILVA, M.S.; RAMALHO, S.A.; MACEDO, L.C.; MOREIRA, J.J.S.; NARAIN, N.; SILVA, G.F. Utilização de metodologia de planejamento experimental para destoxicação do farelo de mamona (*Ricinus Communis* L.) em secador elétrico de bandeja. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.14, n.2, p.167-176, 2012.

SOUZA, M.L.; MENEZES, H.C. Processamentos de amêndoa e torta de Castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p.120-128, 2004.

SPOONER, R.A. Protein disulphide-isomerase reduces ricin to its a and b chains in the endoplasmic reticulum. **Biochemical Journal**. v.383, n.2, p.285-293, 2004.

STIRPE, F. & BATELLI, M.G. Ribosome-inactivating proteins: progress and problems. **Cellular and Molecular Life Sciences**. v.63, n.16, p.1850-1866, 2006.

STURM, M. B., SCHRAMM, V. L. Detecting ricin: sensitive luminescent assay for ricin A-chain ribosome depurination kinetics. **Journal Analytical Chemistry**. v.81, n.8, p.2847-2853, 2009.

VANDERHOOF, J. A. Immunonutrition: the role of carbohydrates. **Journal Nutrition, Science**, v. 14, n. 7/8, p. 595-598, 1998.

VAZ, V.H.S.; CARVALHO, J.B.R.; SANT'ANNA, M.C.; SILVA, M.S. Viabilidade de usina de briquete de casca de coco e glicerina em Sergipe. In: II Fórum Brasileiro de Energia, Bento Gonçalves, 2010.

VITETTA, E.S.; SMALLSHAW, J.E.; COLEMAN, E.; JAFRI, H.; FOSTER, C.; MUNFORD, R.; SCHINDLER, J. A pilot clinical trial of a recombinant ricin vaccine in normal humans. **PNAS: Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v.103, n. 7, p.2268-2273, 2006.

YOSHITAKE, S.; WATANABE, K.; FUNATSU, G. Limited hydrolysis of ricin D with trypsin in the presence of sodium dodecyl sulfate. **Agricultural and Biological Chemistry**. v.43, n.10, p.2193-2195, 1979.

## **Capítulo 2**

### **FARELO DE MAMONA AUTOCLAVADO NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS EM CRESCIMENTO**

### **Farelo de mamona autoclavado na alimentação de suínos em crescimento**

**Resumo:** Dois experimentos foram realizados com suínos machos castrados para avaliar o valor nutricional do farelo de mamona autoclavado (FMAut.) e o desempenho dos suínos alimentados com níveis crescentes desse farelo. O farelo de mamona foi produzido em usina de biodiesel após lavagem em etanol a temperatura de 80°C. Na destoxicação foram adotados sequencialmente os seguintes procedimentos: mistura de 6% de óxido de cálcio ao farelo, hidratação em proporção 1:1, autoclavagem à pressão de 1,23 atm em temperatura de 104°C por 90 minutos e secagem ao sol. Os experimentos foram realizados utilizando blocos casualizados com base no peso inicial, sendo um animal por unidade experimental. No ensaio de metabolismo foram utilizados oito suínos com peso médio de  $40 \pm 1,23$  kg para determinação da energia metabolizável aparente (EMA) e EMA corrigida para nitrogênio (EMAn) do FMAut. Foram estabelecidos dois tratamentos e quatro repetições. As dietas utilizadas foram uma ração referência (RR) e uma ração teste com 80% da RR e 20% do FMAut. No experimento de desempenho, que durou 35 dias, foram utilizados 25 suínos machos castrados com peso médio de  $28,1 \pm 0,72$  kg. Foram aplicados cinco níveis (0, 5, 10, 15 e 20%) do FMAut. com cinco repetições por tratamento para avaliação do desempenho e no fim do experimento foi realizada avaliação da carcaça através de medidas ultrassônicas *in vivo* e coleta de sangue para avaliação dos parâmetros bioquímicos. Concluiu-se que o FMAut. apresenta um valor de EMA de 2412 kcal/kg e EMAn de 1937 kcal/kg e que este ingrediente alternativo nas condições de processamentos apresentadas pode ser incluído na ração de suínos em crescimento até o nível de 20% sem prejudicar o desempenho e avaliação de carcaça por ultrassom. Os parâmetros bioquímicos sanguíneos comprovam que o FMAut. não apresenta propriedades tóxicas que causem disfunções metabólicas nos suínos.

**Palavras-chave:** alimento alternativo, autoclavagem, desempenho, metabolismo, parâmetro sanguíneo bioquímico.

### **Autoclaved castor meal in feed for growing pigs**

**Abstract:** Two experiments were made with barrows in order to evaluate the nutritional value of autoclaved castor meal (CMAut.) and the performance of pigs fed with increasing levels of it. The castor meal was produced in biodiesel factory after being washed in ethanol at 80 °C and subsequent drying. In the detoxification routine the following sequential procedures were adopted: mixture of castor meal with 6% of calcium oxide, hydration in 1:1 proportion, autoclaving at the pressure of 1.23 atm, at 104°C for 90 minutes, and sun drying. Randomized blocks based on the initial weight of the pigs, and one animal per experimental unit were used for the experiments. In the metabolism trial eight barrows with average weight of  $40 \pm 1.23$  kg were used to calculate the apparent metabolizable energy (AME) and corrected AME to nitrogen (AMEn) of the CMAut. Two treatments and four replications were established. The applied diets were one Reference Diet (RD) and one Test Diet with 80% of the RD and 20% of the CMAut. In the performance trial, which lasted 35 days, 25 barrows were used with weight average of  $28.1 \pm 0.72$  kg. Five levels of the CMAut (0, 5, 10, 15 and 20%) were applied with five replicates per treatment for the performance evaluation, and in the end of the experiment, a carcass evaluation was made through ultrasonic measures “*in vivo*”, and blood samples was taken to biochemical parameters evaluation. It was concluded that the CMAut had an AME value of 2412 kcal/kg and AMEn value of 1937 kcal/kg, and that this alternative ingredient under the presented conditions may be included in diets of pigs in growth at levels up to 20% without affecting performance and carcass evaluation by ultrasound. Blood biochemical parameters proved that the CMAut didn't present toxic characteristics which caused metabolic dysfunction in the pigs.

**Keywords:** autoclaving, blood biochemical parameters, calcium oxide, metabolism, performance.



## INTRODUÇÃO

Para a atividade suinícola os pesquisadores vêm buscando métodos econômicos para aumentar a eficiência de produção de modo a manter a sustentabilidade e atender às exigências do consumidor (Cantarelli et al., 2009).

A busca por alimentos alternativos tem se tornado cada vez mais frequente no Nordeste brasileiro, pois representa uma forma de minimizar os gastos com alimentação animal, visto que, devido à distância entre os estados produtores de milho e soja e por competirem com a alimentação humana, estes ingredientes oscilam muito de preço no mercado internacional onerando assim o custo da ração animal.

A mamoneira (*Ricinus communis*) é uma planta da família das euforbiáceas, adaptada a temperaturas altas e forte insolação sendo o seu um cultivo constante no Brasil, por ser um país tropical, pois a sua produtividade é extremamente dependente das condições climáticas. Porém, se consolida a tendência de ampliação das áreas de cultivo em função da demanda pelo óleo no mercado interno e do potencial de comercialização e demanda elevada no mercado externo, visto que o óleo extraído da mamona possui características únicas e, por este motivo, seu valor no mercado é superior a duas vezes o valor dos óleos vegetais comuns (Azevedo; Beltrão, 2007).

O histórico da produção e produtividade de mamona no Brasil, nos anos de 1996 foi de (41,3 mil ton e 345,0 kg/ha), 2005 de (168,8 mil ton e 731,0 kg/ha), 2011 de (24,9 mil ton e 175,0 kg/ha) e 2014 de (69,1 mil ton e 615,0 kg/ha) (Conab, 2014). Essas variações foram decorrentes do estímulo do governo na ascensão do programa de biodiesel em 2005 em seguida a queda drástica em 2011 devido à seca e partir de então se observa novo aumento de produção e produtividade.

De acordo com Abdala et al. (2008) no processo de extração do óleo são formados co-produtos (torta e farelo) que podem ser utilizados como fonte alternativa na ração animal.

O farelo de mamona é classificado como ingrediente proteico com composição nutricional segundo Rostagno, et al. (2011) de 89,40% de MS; 39,20% de PB; 1,55% de EE; 18,50% de FB; 82,60% de MO; 6,80% de MM; 0,62% de Ca e 0,21% de P total. Porém, deve-se levar em consideração a presença de compostos nitrogenados com propriedades tóxicas e alergênicas como a ricina, ricinina e o fator alergênico CB1-A (Silva & Freitas, 2008).

A transformação dos co-produtos da mamona em um produto atóxico para ser usado na alimentação animal, vem a algum tempo, despertando a atenção de pesquisadores (Furtado et al., 2012; Gadelha et al., 1973).

Processamentos de inativação das tortas e farelos foram avaliados através de autoclavagem a pressão e tempos pré-definidos (Oliveira et al. 2010; Anandan et al., 2005), lavagem em etanol com temperaturas distintas com ou sem presença de álcali (Santana, 2010), ou mistura de aditivos químicos combinada com extrusão sob calor e umidade (Horton & Williams, 1989).

Fernandes et al. (2012) trabalhando com processamentos de inativação do farelo de mamona utilizaram 4 e 8% de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), concluíram que a utilização do carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) não foi eficaz na destoxicação do farelo, porém os processamentos com a utilização de 8% de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) e as concentrações de 4 ou 8% de óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) inativaram a ricina.

Dessa maneira, dependendo da forma química e concentração, os compostos de cálcio podem ser eficazes para destoxicação do farelo de mamona quando acompanhado

de tratamento térmico adequado, reduzindo o risco decorrente da manipulação, gerando-se um produto que pode ser utilizado na alimentação animal.

Santana (2010) determinou valores de EMA entre 2759 a 2849 kcal/kg e EMAn 2709 a 2781 kcal/kg para frangos de corte alimentados com diferentes processamentos do farelo de mamona. Nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos são determinados os valores de EMA para aves de 1484 kcal/kg e EMA para suínos de 2084 kcal/kg (Rostagno et al., 2011).

Deste modo, teve-se por objetivo determinar a energia metabolizável aparente (EMA) e EMA corrigida para nitrogênio (EMAn) do farelo de mamona autoclavado através de ensaio de metabolismo e avaliar o desempenho e parâmetros sanguíneos dos suínos alimentados com dietas contendo diferentes níveis de inclusão deste farelo processado.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os procedimentos experimentais padronizados para os ensaios de metabolismo e desempenho descritos foram submetidos ao Comitê de Ética para Uso de Animais em pesquisa e experimentação (CEUA) na UFRPE visando à obtenção da licença para a realização das pesquisas.

### *Processamento do farelo de mamona*

As sementes de mamona utilizadas foram de um único lote de mesma colheita da cultivar BRS Nordestina. O procedimento industrial para geração do farelo de mamona foi realizado na Usina de Biodiesel localizada no município de Pesqueira, Pernambuco, que consistiu no cozimento das sementes via vapor e posterior prensagem mecânica para retirada parcial do óleo das bagas, sendo a torta resultante da prensagem submetida ao solvente (etanol) para retirada do óleo residual à temperatura de 80°C por 20

minutos, obtendo assim o farelo que após seco foi encaminhado à Universidade Federal Rural de Pernambuco.

A torta foi produzida em quantidades suficientes para realização dos ensaios experimentais de metabolismo e desempenho com animais no Departamento de Zootecnia da UFRPE.

No Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (DZ-UFRPE) realizou-se o processamento de inativação dos compostos tóxicos a partir de uma mistura do farelo de mamona com 6% de óxido de cálcio com posterior hidratação da mistura em proporção 1:1, em seguida, distribuída em cubas de aço inoxidável adaptadas para autoclave. A autoclavagem foi realizada a uma pressão de 1,23 atm a 104°C por 90 minutos. Após este processo o material foi espalhado em bandejas de alumínio sobre lonas plásticas para secar ao sol por dois dias, depois triturado e ensacado.

#### *Ensaio de metabolismo*

Foi realizado um ensaio de metabolismo com suínos no Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), em fevereiro de 2012 para determinar a EMA e EMAn do farelo de mamona autoclavado (FMAut.).

Foram utilizados oito suínos machos castrados com peso médio de  $40 \pm 1,23$  kg provenientes do cruzamento de fêmeas Landrace x Large White e macho Duroc x Hampshire no qual foram alojados individualmente em gaiolas metabólicas metálicas de modelo descrito por Pekas (1968), com comedouros e bebedouros tipo chupeta e em sala de ambiente controlado.

O delineamento adotado foi em blocos casualizados, de acordo com o peso dos animais, com dois tratamentos e quatro repetições e um animal por unidade

experimental. O tratamento referência correspondeu a uma dieta à base de milho e farelo de soja formulada segundo as recomendações do Rostagno et al. (2011) conforme expresso na Tabela 1 e o tratamento teste constituiu de 80 % da dieta referência e 20 % de farelo de mamona em estudo.

Tabela 1. Composição percentual calculada da dieta experimental referência do ensaio de metabolismo de suínos de 30 a 50 kg

Ingredientes	Ração Referência
Milho grão moído	72,9103
Farelo de soja	23,5369
Óleo de soja	0,4656
Fosfato bicálcico	1,2443
Calcário calcítico	0,6549
Sal comum	0,4039
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,1600
Premix mineral <sup>2</sup>	0,1500
L-Lisina HCl (78,8%)	0,2453
DL-Metionina (99%)	0,0620
L-Treonina (98,5%)	0,0468
Cloreto de colina (60%)	0,1200
<b>Composição calculada</b>	
Energia Metabolizável (Kcal/kg)	3230
Proteína Bruta, %	16,82
Cálcio, %	0,6300
Fósforo disponível, %	0,3256
<b>Aminoácidos digestíveis, %</b>	
Lisina	0,9270
Metionina + Cistina	0,5470
Fenilalanina + Tirosina	1,2704
Isoleucina	0,6186
Leucina	1,3882
Arginina	1,0065
Treonina	0,6030
Triptofano	0,1703

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilo de Premix vitamínico: vit. A (10.000.000 UI), vit. D<sub>3</sub> (2.000.000 UI), vit. E (20.000 mg), vit. K<sub>3</sub> (4.000 mg), vit. B<sub>1</sub> (1880 mg), vit. B<sub>2</sub> (5000 mg), vit. B<sub>6</sub> (2000 mg), vit. B<sub>12</sub> (10.000 mcg), niacina (30.000 mg), ácido pantotênico (13.500 mg), ácido fólico (500 mg). <sup>2</sup>Níveis de garantia por quilo de Premix Mineral: selênio (360 mg), zinco (110.000 mg), iodo (1400 mg), cobre (20.000 mg), manganês (156.000 mg), ferro (96.000 mg), antioxidante (100.000 mg), veículo Q.S.P. 100 g.

A ração diária fornecida por animal foi calculada em relação ao peso metabólico ( $PV^{0,75}$ ) e para o cálculo considerou-se três vezes a exigência de energia para manutenção. Essa ração foi fornecida em duas refeições, às 8:00 e 16:00h, e a água fornecida à vontade.

O período experimental foi de 10 dias, sendo cinco de adaptação dos animais às dietas e às gaiolas metabólicas e cinco dias de coleta de fezes e urina. Foi utilizado o

método de coleta total com marcador óxido de ferro a 1,0% na ração para identificar o início e o fim do período de coleta.

As fezes foram coletadas duas vezes ao dia, pesadas e acondicionadas em sacos plásticos identificados por repetições e armazenados em freezer a -20°C até o final do período de coleta, posteriormente foram descongeladas, homogeneizadas e pré-secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas. Essas amostras foram moídas em moinho com peneiras de 1mm. A urina foi recolhida diariamente no período da manhã, em recipiente de plástico contendo 10 mL de HCl, para evitar perda de nitrogênio por volatilização, com telas para retenção de impurezas evitando-se a contaminação das amostras por pelos, ração e fezes.

O volume total de urina foi coletado diariamente e mensurado em provetas graduadas, em seguida separou-se alíquotas de 20% do volume total e foram acondicionadas em garrafas plásticas higienizadas e congeladas em freezer a -20°C até o final do período total de coleta. Ao final do período de coleta as amostras de urina foram descongeladas, homogeneizadas por repetição e separadas em cinco sub-amostras de 10 mL armazenadas em recipientes plásticos com tampas e enviadas para análises.

As amostras do FMAut., fezes e urina foram enviadas para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (DZ-UFRPE), onde foram realizadas análises de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), cinzas (Cz) e fibra bruta (FB) seguindo os protocolos sugeridos por (Silva e Queiroz, 2005) e energia bruta (EB) por calorímetro modelo C200 da IKA®. As análises de cálcio (Ca) e fósforo (P) do FMAut. foram realizadas por espectrofotometria de absorção atômica e colorimetria, respectivamente, de acordo com (AOAC, 1990) e pH do farelo de mamona tóxico (bruto), do farelo bruto misturado com CaO antes da autocavagem (misturado) e do farelo após o processo de autoclavagem (FMAut.) foram realizadas no Laboratório

de Química do Solo (DEPA-UFRPE). A partir dos resultados laboratoriais foram calculados os coeficientes de digestibilidade e a energia metabolizável aparente (EMA) e a energia metabolizável aparente corrigida para retenção de nitrogênio (EMAn) de acordo com as fórmulas descritas por Matterson et al. (1965).

#### *Ensaio de desempenho*

Foi realizado um experimento de desempenho suíno no Setor de Suinocultura do Departamento de Zootecnia da UFRPE localizado em Recife, Pernambuco em julho de 2013.

Os animais foram alojados em galpão de alvenaria com piso de concreto, coberto com telhas de cerâmica. As baias continham comedouros de aço inoxidável e bebedouros tipo chupeta. Foram instalados termohigrômetros no interior do galpão para registro diário da temperatura máxima (Máx.) e mínima (Mín.) e umidade relativa (UR) máxima e mínima durante todo o período experimental. As temperaturas (Máx. e Mín.) e UR (Máx. e Mín.) do período foram, respectivamente,  $28,9 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $22,7 \pm 1,0^{\circ}\text{C}$  e UR de  $89,3 \pm 2\%$  e  $59,8 \pm 3\%$ .

Foram utilizados 25 suínos machos castrados com peso inicial médio de  $28,1 \pm 0,72$  kg provenientes do cruzamento de fêmeas Landrace x Large White e macho Duroc x Hampshire, distribuídos em delineamento experimental em blocos casualizados com cinco níveis (0, 5, 10, 15 e 20%) de farelo de mamona autoclavado e cinco repetições, sendo cada animal uma unidade experimental. Na distribuição dos animais, adotou-se como critério de blocagem o peso inicial dos animais.

As dietas experimentais (Tabela 2), foram constituídas de milho, farelo de soja e o ingrediente em avaliação FMAut., e suplementadas com vitaminas, minerais e aminoácidos sintéticos. Estas, foram formuladas segundo exigências nutricionais descritas por Rostagno et al. (2011) e calculadas em base de aminoácidos digestíveis,

sendo estimados para o FMAut. a partir dos valores do farelo de mamona encontrado nessa tabela.

Tabela 2. Composição percentual calculada das dietas experimentais do desempenho de suínos

Ingredientes	Dietas														
	Fase 15 a 30 kg					Fase 30 a 50 kg					Fase 50 a 70 kg				
	Níveis de FM autoclavado					Níveis de FM autoclavado					Níveis de FM autoclavado				
	0%	5%	10%	15%	20%	0%	5%	10%	15%	20%	0%	5%	10%	15%	20%
Milho grão	67,258	64,222	61,187	57,396	53,606	72,910	69,821	66,732	62,942	59,151	77,200	74,073	70,946	67,156	63,365
Farelo de soja	28,164	25,458	22,752	20,180	17,607	23,537	20,840	18,144	15,571	12,998	20,332	17,643	14,953	12,381	9,808
FMAutoclavado	0,000	5,000	10,000	15,000	20,000	0,000	5,000	10,000	15,000	20,000	0,000	5,000	10,000	15,000	20,000
Óleo de soja	0,983	2,028	3,072	4,370	5,669	0,465	1,528	2,590	3,888	5,187	0,000	1,075	2,150	3,448	4,747
Fosfato bicálcico	1,499	1,466	1,432	1,399	1,366	1,244	1,195	1,146	1,113	1,081	0,950	0,871	0,792	0,759	0,726
Calcário calcítico	0,737	0,369	0,000	0,000	0,000	0,655	0,327	0,000	0,000	0,000	0,558	0,279	0,000	0,000	0,000
Sal comum	0,454	0,455	0,455	0,456	0,457	0,404	0,404	0,404	0,405	0,406	0,378	0,378	0,379	0,379	0,380
Premix vitamín. <sup>1</sup>	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
Premix mineral <sup>2</sup>	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,112	0,112	0,112	0,112	0,112
L-Lisina HCl (78,8%)	0,246	0,310	0,373	0,434	0,495	0,245	0,308	0,372	0,433	0,493	0,207	0,270	0,334	0,394	0,455
DL-Metionina (99%)	0,058	0,067	0,077	0,086	0,096	0,062	0,071	0,080	0,090	0,100	0,025	0,035	0,044	0,053	0,063
L-Treonina (98,5%)	0,037	0,064	0,090	0,116	0,142	0,046	0,073	0,099	0,125	0,151	0,015	0,041	0,067	0,094	0,120
Cloreto de colina (60%)	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Composição calculada															
EMAn (kcal/kg)	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230	3230
Proteína bruta, %	18,50	18,50	18,50	18,50	18,50	16,82	16,82	16,82	16,82	16,82	15,60	15,60	15,60	15,60	15,60
Extrato etéreo, %	3,901	5,270	6,638	8,234	9,831	3,515	4,900	6,284	7,880	9,477	3,155	4,551	5,947	7,543	9,139
Fibra bruta, %	2,673	3,856	5,040	6,218	7,395	2,523	3,706	4,890	6,066	7,244	2,425	3,608	4,791	5,968	7,146
Cálcio, %	0,733	0,826	0,918	1,151	1,383	0,630	0,734	0,839	1,071	1,033	0,515	0,630	0,746	0,978	1,210
Fósforo disp., %	0,379	0,379	0,379	0,379	0,379	0,325	0,322	0,320	0,320	0,320	0,266	0,258	0,250	0,250	0,250
Aminoácidos digestíveis, %															
Lisina	1,037	1,037	1,037	1,037	1,037	0,927	0,927	0,927	0,927	0,927	0,823	0,823	0,823	0,823	0,823
Metionina+Cistina	0,581	0,581	0,581	0,581	0,581	0,547	0,547	0,547	0,547	0,547	0,486	0,486	0,486	0,486	0,486
Fenilal+Tirocina	1,406	1,347	1,287	1,229	1,170	1,270	1,211	1,152	1,093	1,034	1,178	1,119	1,060	1,001	0,942
Isoleucina	0,694	0,670	0,647	0,624	0,601	0,618	0,595	0,571	0,548	0,526	0,567	0,543	0,520	0,497	0,474
Leucina	1,487	1,486	1,364	1,301	1,237	1,388	1,326	1,265	1,201	1,138	1,323	1,261	1,199	1,136	1,072
Arginina	1,136	1,127	1,118	1,110	1,103	1,006	0,997	0,988	0,981	0,973	0,917	0,909	0,900	0,892	0,885
Treonina	0,653	0,653	0,653	0,653	0,653	0,603	0,603	0,603	0,603	0,603	0,535	0,535	0,535	0,535	0,535
Triptofano	0,194	0,191	0,189	0,186	0,184	0,170	0,168	0,165	0,163	0,161	0,154	0,151	0,149	0,147	0,145
Composição analisada															
Matéria seca, %	87,52	87,64	86,68	86,23	88,34	87,19	87,52	87,47	87,97	87,50	87,11	87,23	87,21	87,39	87,94
Proteína bruta, %	20,45	19,95	18,90	19,90	19,68	18,20	18,17	17,61	17,52	18,00	17,49	17,31	17,25	17,73	17,33
Extrato etéreo, %	3,920	5,190	6,790	7,730	9,650	4,550	4,760	6,200	7,580	9,560	3,800	4,720	6,330	7,640	9,267
Fibra bruta, %	6,039	7,287	9,890	11,093	12,648	6,550	9,751	10,977	11,858	12,732	7,485	9,924	13,493	13,884	14,298

<sup>1</sup>Níveis de garantia por quilo de Premix vitamínico: vit. A (10.000.000 UI), vit. D<sub>3</sub> (2.000.000 UI), vit. E (20.000 mg), vit. K<sub>3</sub> (4.000 mg), vit. B<sub>1</sub> (1880 mg), vit. B<sub>2</sub> (5000 mg), vit. B<sub>6</sub> (2000 mg), vit. B<sub>12</sub> (10.000 mcg), niacina (30.000 mg), ácido pantotênico (13.500 mg), ácido fólico (500 mg). <sup>2</sup>Níveis de garantia por quilo de Premix Mineral: selênio (360 mg), zinco (110.000 mg), iodo (1400 mg), cobre (20.000 mg), manganês (156.000 mg), ferro (96.000 mg), antioxidante (100.000 mg), veículo Q.S.P. 100 g.

As dietas foram formuladas de forma a atender as necessidades por fase de desenvolvimento fisiológico dos animais para pesos de 15 a 30 kg; 30 a 50 kg e 50 a 70



kg sendo as dietas fornecidas, respectivamente, durante o período experimental de um a sete dias, oito a 21 dias e 22 a 35 dias, totalizando o período experimental de 35 dias corridos.

Durante todo o período experimental, as rações e a água foram fornecidas à vontade, e as rações foram pesadas diariamente para posterior cálculo do consumo. Os animais foram pesados a cada sete dias para determinação do ganho de peso diário, da conversão alimentar e do consumo diário de ração.

No final do período experimental do desempenho, os animais foram contidos para realização das medições ultrassônicas de avaliação do rendimento de carcaça *in vivo* e, em seguida, coleta de sangue no seio orbital.

Para a realização das medidas ultrassônicas de área de olho de lombo (AOL) e profundidade de músculo (PM), utilizou-se o equipamento Pie Medical, modelo Áquila com transdutor para carcaça de 3,5 MHz e de espessura de toucinho (ET) por ultrassom portátil modo A (Renco), seguindo os procedimentos descritos por (Dutra Jr et al., 2001).

As amostras de sangue foram refrigeradas encaminhadas ao Laboratório de Biologia Molecular Aplicada a Produção (BIOPA/UFRPE), onde foram centrifugadas e o sobrenadante foi pipetado, acondicionados em tubos de *ependorf* para posteriores análises de glicose, ureia, ácido úrico, proteína total, albumina, creatinina, fosfatase alcalina, colesterol e das transaminases AST-TGO e ALT-TGP, utilizando o equipamento de análises bioquímicas Doles® e todos os procedimentos metodológicos descritos nos quites de cada análise.

As amostras das rações do desempenho foram identificadas e encaminhadas para o Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (DZ-UFRPE) para

realização das análises de MS, PB, EE, FB seguindo os protocolos sugeridos por (Silva & Queiroz, 2005).

#### *Análises Estatísticas*

Os dados de metabolismo, desempenho, parâmetros sanguíneos, estimativas para as medidas de ultrassom “*in vivo*” foram avaliados por intermédio da análise de variância ANOVA, utilizando-se o pacote estatístico SAS (2008). A análise de regressão foi aplicada apenas quando o nível de probabilidade para tratamento foi significativo pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ).

Para o cálculo da AOL, PM e ET, utilizou-se o "software" AUSKey System V-5.0, for Windows, desenvolvido por Liu (1997), o qual apresenta equações de predição que consideram o peso do animal, a área de olho de lombo estimada e a espessura de toucinho, como variáveis. As correlações entre parâmetros foram calculadas e consideradas quando o nível de probabilidade foi significativo ( $p < 0,05$ ).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A partir das análises de pH em água ultrapura com pH 7,0 dos farelos bruto (tóxico), misturado e FMAut. observou-se variações no pH durante o processo de tratamento de destoxicação de pH 7,43 para o farelo bruto, de pH 13,61 para o farelo misturado com o óxido de cálcio e de pH 11,02 para o FMAut. autoclavado com óxido de cálcio. Essa mensuração do pH serve como medida prática para identificação rápida de um farelo atóxico a partir do processamento de autoclavagem com óxido de cálcio, o que deve vir associado com um teor de cálcio de 4,9% no FMAut.

Os valores da composição nutricional do farelo de mamona autoclavado em base de matéria natural são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição nutricional do farelo de mamona utilizado em base na matéria natural (MN)

Composição nutricional	Farelo de mamona autoclavado
Matéria seca,%	90,30
Proteína Bruta,%	25,80
Fibra Bruta,%	30,26
Extrato Etéreo,%	9,68
Cinzas,%	5,88
Cálcio,%	4,95
Fósforo,%	0,89
Energia Bruta, kcal/kg	4299

Os valores determinados para composição bromatológica do FMAut. diferiram dos descritos por Santana (2010), Santos (2011) e Rostagno et al. (2011), quanto a MS, PB, FB e EB.

Santana (2010) avaliou processamentos de farelo de mamona com lavagem no etanol com ou sem utilização do NaOH, diferentes tipos de temperatura e formas de secagem observou variações nos valores de MS (89,45 a 91,34%), PB (28,21 a 32,68%) e EB (4680 a 4884 kcal/kg).

Santos (2011) avaliou diferentes processamentos do farelo de mamona para codornas japonesas encontrou variações nos valores de MS (89,43 a 91,10); PB (32,04 a 33,25%); FB (36,70 a 40,55) e EB (4684 a 44748 kcal/kg).

Nas Tabelas brasileiras de suínos e aves, Rostagno et al. (2011) apresentam um farelo de mamona com valor médio de PB 39,2%; EE 1,55%; FB 18,5% e Ca 0,62%. Ao se comparar esses valores com os encontrados nesta pesquisa, observa-se que apenas o valor de PB observado foi inferior (25,80%), sendo os valores de EE (9,68%), FB (30,26%) e Ca (4,95%) superiores aos descritos por estes autores, sendo justificado o cálcio pelo acréscimo do óxido de cálcio durante o processamento de destoxicação do farelo de mamona. Estas variações devem-se, provavelmente, às diferenças em relação aos processamentos (físico, térmico e/ou químico) ao qual foram submetidos os farelos de mamona utilizados nesta pesquisa.

Segundo Mottola et al. (1971) podem ocorrer possíveis modificações nos constituintes nutricionais do ingrediente ao se utilizar tratamentos térmicos para inativação dos fatores anti-nutricionais. Santos et al. (2005) descrevem que as variações nos valores de composição química são sempre esperadas, pois as diferenças nas técnicas de processamento originam subprodutos com composição química variada.

#### *Ensaio de Metabolismo*

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), do nitrogênio (CDN), e os valores de Energia Digestível (ED), EMA e EMAn calculados para o farelo de mamona e para as rações experimentais estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS), nitrogênio (CDN) e energia bruta (CDEB) do farelo de mamona autoclavado (FMAut.), da ração referência e da ração referência com 20% de FMAut. e valores da energia digestível, energia metabolizável aparente (EMA) e EMA para retenção do nitrogênio (EMAn) determinadas com base na MN

Parâmetros calculados	Rações Experimentais		Ingrediente
	Ração Referência	Ração Referência (80%) + FMAut. (20%)	FMAut.
CDMS, %	85,58±2,81	76,39±0,92	39,67±4,67
CDN, %	83,27±3,92	80,46±1,19	69,23±5,93
CDEB, %	84,57±3,36	77,19±0,68	47,66±3,40
ED kcal/kg	3256	3128	2618
EMA kcal/kg	3558	3367	2412
EMAn kcal/kg	3447	3265	1937

Observa-se que o FMAut. apresentou um valor de ED de 2618 kcal/kg, compatível com o elevado nível de FB (30,26%) do FMAut. analisado.

O mesmo comportamento de variação da ED do alimento em função do seu nível de fibra é corroborado pelos resultados relatados por Rostagno et al. (2011) e Santos et al. (2005), quando avaliaram outros ingredientes proteicos para suínos como farelo de algodão (23,09% de FB e 2365 kcal/kg de ED) e o farelo de girassol (31,6% de FB e 2880 kcal/kg de ED). Comparativamente o farelo de soja apresenta um valor de

ED superior (3425 kcal/kg) e inferior de FB (5,41%) aos demais ingredientes mencionados por estes autores.

Os coeficientes de digestibilidade da MS e N do FMAut. apresentaram valores de 39,67% e 69,23%, respectivamente, mostrando-se inferiores aos encontrados por Pereira et al., (2012) que determinaram valores de 53,9% CDMS e 77,7% CDN para o farelo de mamona submetido à temperatura de 110°C por 15 minutos. Segundo Kass et al. (1980) a fibra pode afetar negativamente a utilização de alguns nutrientes, com consequente redução da digestibilidade da matéria seca, do extrato etéreo e da proteína bruta por aumentar a velocidade de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal do suíno.

Essa diferença pode estar associada ao tipo de processamento empregado para a inativação dos princípios tóxicos, pois o farelo de mamona analisado por Pereira et al. (2012) somente foi submetido à temperatura elevada por um período de 15 minutos, já o FMAut., além da elevada temperatura, foi submetido à pressão de 1,23 atm por 90 minutos.

O valor calculado da EMAn do FMAut. foi de 1937 kcal/kg, valor inferior ao descrito por Rostagno et al. (2011) de 2084 kcal/kg, possivelmente em função do mais alto nível de FB (30,26%) do FMAut. utilizado neste experimento.

Conte et al. (2002) descrevem que a energia metabolizável do alimento é o produto resultante da transformação dos nutrientes, sendo afetada direta e positivamente pela composição do alimento em carboidratos de reserva (amido), gordura, proteína e negativamente pelos carboidratos estruturais (fibra).

Essas variações de valores de EMA podem estar relacionadas também às diferentes formas de processamento de inativação dos componentes tóxicos e nível de extração do óleo que interferem diretamente nos valores nutricionais do alimento.

*Experimento de desempenho*

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados do desempenho dos suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de farelo de mamona autoclavado.

Tabela 5. Médias para o peso inicial (PESO I, kg), ganho de peso diário (GP, kg), consumo de ração diário (CR, kg) e conversão alimentar (CA) de suínos alimentados com dietas contendo níveis crescentes de FMAut.

	Nível de inclusão de farelo de mamona autoclavado, %					CV, %
	0	5	10	15	20	
1 a 7 dias experimentais (15 a 30 kg)						
PESO I	28,08±1,39	28,06±1,41	28,26±1,62	28,00±1,94	28,10±2,27	4,54
GP	1,000±0,046	1,100±0,053	1,080±0,082	1,120±0,087	0,911±0,049	11,83
CR*	2,134±0,086	2,135±0,103	2,071±0,092	2,101±0,100	1,806±0,160*	7,89
CA	2,145±0,097	1,942±0,042	1,938±0,084	1,895±0,069	1,971±0,115	9,60
8 a 21 dias experimentais (30 a 50 kg)						
GP	1,177±0,032	1,101±0,015	1,193±0,115	1,049±0,065	1,087±0,056	11,42
CR*	2,381±0,084	2,347±0,058	2,318±0,063	2,216±0,143	2,061±0,094*	6,91
CA	2,022±0,042	2,134±0,074	1,987±0,117	2,115±0,051	1,906±0,083	8,02
Acumulado até 21 dias						
GP	1,118±0,034	1,101±0,020	1,155±0,072	1,072±0,067	1,029±0,040	8,26
CR*	2,299±0,083	2,276±0,071	2,236±0,057	2,178±0,127	1,976±0,101*	6,17
CA	2,057±0,055	2,068±0,054	1,954±0,082	2,034±0,024	1,924±0,084	6,54
22 a 35 dias experimentais (50 a 70 kg)						
GP	1,310±0,052	1,263±0,043	1,176±0,049	1,220±0,055	1,197±0,077	7,31
CR	2,893±0,093	2,790±0,054	2,789±0,140	2,776±0,180	2,541±0,153	10,29
CA	2,217±0,086	2,217±0,067	2,377±0,108	2,273±0,109	2,125±0,033	6,92
Período total de 35 dias						
GP	1,195±0,039	1,166±0,025	1,163±0,057	1,131±0,058	1,096±0,054	6,76
CR	2,536±0,081	2,482±0,038	2,457±0,071	2,417±0,147	2,202±0,112	7,49
CA	2,125±0,048	2,133±0,053	2,124±0,083	2,132±0,039	2,011±0,054	4,66

\*Diferem pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ). Através da análise de regressão CR 1 a 7 dias ( $p = 0,0083$ , efeito linear), CR 8 a 21 dias ( $p = 0,0031$ , efeito linear), CR 1 a 21 dias ( $p = 0,0013$ , efeito linear), CR 22 a 35 dias ( $p = 0,0925$ , não significativo), CR 1 a 35 dias ( $p = 0,0114$ , efeito linear).

A análise de variância indicou que não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para ganho de peso diário e conversão alimentar. Os períodos avaliados correspondem ao programa de alimentação adotado, porém também foi analisado o efeito acumulado das fases 1 a 7 dias, 1 a 21 dias e 1 a 35 dias.

O consumo de ração diário teve efeito linear decrescente para as fases de 1 a 7 dias ( $y = -0,0138x + 2,1871$ ;  $R^2 = 0,6204$ ), de 8 a 21 dias ( $y = -0,0154x + 2,419$ ;  $R^2 = 0,8872$ ), e nos períodos acumulados de 1 a 21 dias ( $y = -0,0149x + 2,3417$ ;  $R^2 = 0,8234$ ), e de 1 a 35 dias ( $y = -0,0147x + 2,5656$ ;  $R^2 = 0,8126$ ). Este resultado indica que a cada um 1% de inclusão de FMAut. na ração os suínos houve redução no consumo diário de

ração entre 13,8 gramas (no período experimental de 1 a 7 dias) e 15,4 gramas (no período experimental de 8 a 21 dias).

Este efeito, provavelmente, ocorreu em função do aumento do nível de fibra bruta na ração à medida que aumentou-se o nível de inclusão do FMAut., pois para cada 1% de inclusão do FMAut. ocorreu uma redução relativa de 0,35% no milho e 0,65% no farelo de soja. Assim, no nível máximo de inclusão (20%) existe um incremento absoluto de cerca de 6% na concentração de fibra bruta na ração, calculados a partir da quantidade dos ingredientes das dietas experimentais entre o nível 0 e 20% de inclusão do FMAut.

A capacidade dos suínos no aproveitamento de FB da dieta aumenta em função da idade e peso vivo (Noblet & Van Milgen, 2004). Os estudos de Noblet & Le Goff (2001) sobre o efeito da FB para suínos em crescimento indicam que é necessário um período de tempo para que os suínos adaptem o sistema digestivo para dietas com maior concentração de FB (Montagne et al. 2003), que segundo Souffrant (2001), Wenk (2001) e Wilfart et al. (2007) deve ser de 14 a 21 dias para suínos em crescimento.

Observa-se que o ganho de peso e a conversão alimentar não sofreram efeito significativo ( $p > 0,05$ ) em todos os períodos. Este resultado é decorrente dos valores absolutos do ganho de peso acompanhar o decréscimo do consumo de ração refletindo em uma conversão alimentar favorável no nível máximo de inclusão (20%) do FMAut., sem afetar as variáveis de desempenho.

Segundo Gomes et al. (2012) com aumento dos níveis da FB na alimentação dos suínos são comuns efeitos relacionados a redução no aproveitamento de nutrientes da ração prejudicando o ganho de peso e a conversão alimentar, podendo ainda haver redução ou aumento no consumo de ração dependendo do nível e tipo de fibra presente.

O consumo de ração pode diminuir com o aumento da FB em decorrência do aumento da viscosidade da digesta, que, por sua vez, pode aumentar o volume ocupado pelo alimento no trato gastrointestinal, mantendo a saciedade física por mais tempo e diminuindo o estímulo do animal em consumir ração (Schneeman, 1999).

As rações experimentais foram formuladas de forma isonutritivas, assim se ocorresse um aumento no consumo de ração à medida que aumentou o nível de FB no maior nível do FMAut., poderia ser associado a uma redução da disponibilidade de energia para os animais, devido aos efeitos negativos da fração fibrosa sobre o aproveitamento dos nutrientes da ração. Considerando que o ganho de peso dos animais pode ser diretamente influenciado pela ingestão e o aproveitamento dos nutrientes da ração, não foi observada influencia ( $p < 0,05$ ) nos resultados de ganho de peso e conversão alimentar nos maiores níveis de FMAut. na ração.

Para tornar as rações isoenergéticas, à medida que se aumenta a inclusão do FMAut., existe a necessidade de incluir óleo de soja, aumentando a porcentagem de gordura da ração, isso pode ter contribuído diretamente para que os resultados de ganho de peso e conversão alimentar fossem favoráveis no nível máximo de inclusão (20%) do FMAut. sendo semelhantes aos obtidos para o grupo controle.

Sakomura et al. (2004), relatam que à medida que se adiciona gordura na ração ocorre melhora no ganho de peso e conversão alimentar decorrente dos efeitos extracalórico e extrametabólico das gorduras, que consistem, respectivamente, no aumento da disponibilidade dos nutrientes de outros ingredientes da ração e na melhoria da eficiência energética, pelo aumento da energia líquida, em função do menor incremento calórico das gorduras. Além desses benefícios, Pupa (2004) descreve que a inclusão de óleo como fonte de energia na ração aumenta o aporte energético e ajuda a melhorar a palatabilidade que é bem sensível nos suínos.



Na Tabela 6 são apresentados os dados das análises bioquímicas do sangue dos suínos alimentados com diferentes níveis de farelo de mamona autoclavado na ração.

Tabela 6. Parâmetros sanguíneos de glicose, ureia, ácido úrico, proteína total, albumina, globulina, relação albumina/globulina - ALB/GLOB, creatinina, colesterol, fosfatase alcalina - FA, e as transaminases glutâmico oxalacética - TGO e pirúvica - TGP dos suínos alimentados com diferentes níveis de FMAut.

Parâmetros sanguíneos	Nível de inclusão de farelo de mamona autoclavado, %					CV, %
	0	5	10	15	20	
Glicose, mg/dL	115±6,72	94,72±8,82	92,90±6,66	100,53±1,08	105±5,24	13,75
Ureia, mg/dL	28,07±1,96	28,89±2,19	26,93±0,96	23,31±2,71	25,15±2,23	17,61
Ácido úrico, mg/dL	2,96±0,03	2,91±0,01	2,87±0,02	2,94±0,04	2,92±0,03	2,07
Proteína total, g/dL	6,42±0,03	6,52±0,08	6,54±0,08	6,52±0,13	6,48±0,08	3,27
<sup>1</sup> Albumina, g/dL	3,36±0,13	3,79±0,11	4,19±0,04*	4,29±0,16*	4,24±0,11*	6,88
<sup>2</sup> Globulina, g/dL	3,05±0,15	2,72±0,18	2,35±0,05*	2,22±0,17*	2,23±0,11*	13,31
<sup>3</sup> Relação ALB/GLOB	1,12±0,11	1,42±0,13	1,78±0,03*	2,00±0,22*	1,92±0,14*	19,47
Creatinina, mg/dL	1,13±0,14	1,06±0,04	1,03±0,07	1,02±0,02	1,04±0,02	15,72
Colesterol, mg/dL	103,46±10,7	108,73±18,2	112,09±13,9	114,11±6,56	115,24±10,5	26,54
FA, U/L	447,94±23,8	460,94±17,3	470,22±14,8	481,68±18,8	486,70±25,7	9,20
TGO, U/L	30,53±6,61	40,07±2,18	36,62±1,48	31,59±3,63	25,25±4,41	27,64
TGP, U/L	40,14±6,53	38,19±3,85	37,39±4,12	33,14±2,74	37,43±3,34	24,75

\*Diferem estatisticamente pelo teste Dunnett ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Efeito quadrático significativo ( $y = -0,0035x^2 + 0,1170x + 3,3460$ ;  $R^2 = 0,9937$ ). <sup>2</sup>Efeito linear significativo ( $y = -0,0428x + 2,9464$ ;  $R^2 = 0,8744$ ). <sup>3</sup>Efeito linear significativo ( $y = 0,0436x + 1,2167$ ;  $R^2 = 0,7787$ ).

A análise de variância indicou que não houve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) para os parâmetros bioquímicos do sangue de glicose, ureia, ácido úrico, proteína total, creatinina, colesterol, fosfatase alcalina e nas transaminases glutâmico oxalacética - TGO e pirúvica - TGP, no entanto, foram observadas diferenças ( $p < 0,05$ ) nas concentrações séricas de albumina e globulina nos suínos.

De acordo com Kaneko et al. (2008) exames bioquímicos realizados com amostras de plasma e soro sanguíneos são importantes para o auxílio diagnóstico de diversas enfermidades bem como estado nutricional que acometem os animais domésticos.

Não houve efeito significativo ( $p = 0,9039$ ) dos níveis de farelo de mamona autoclavada sobre a concentração da proteína total avaliada no sangue. O valor médio de  $6,496 \pm 0,0376$  g/dL determinado em suínos com 68 kg após 35 dias corridos de fornecimento de FMAut. está dentro

do intervalo de referência para suínos em crescimento e terminação de 5,3 a 8,3 g/dL determinado por Friendship et al. (1984) e de 6,59 g/dL para suínos em terminação por Lingaas et al. (1992a). Essa proteína encontrada no plasma tem como componentes principais a albumina e a globulina, sendo o fígado o principal órgão de síntese e a redução em níveis séricos está ligada a falhas hepáticas, transtornos renais e intestinais, hemorragias, inadequação na digestão das proteínas e na absorção dos metabólitos resultantes e deficiência na nutrição (González & Silva, 2006).

Neste aspecto, o presente resultado é um forte indicador de que não ocorreram problemas de digestão e absorção em nível de intestino, não havendo comprometimento hepático e renal com a inclusão de níveis crescentes de FMAut. na dieta.

A albumina é sintetizada exclusivamente no fígado pelos hepatócitos sendo que até 90% dos aminoácidos usados na síntese são oriundos da quebra de proteínas hepáticas, tem meia vida próxima a 20 dias em suínos em crescimento e terminação. Os valores considerados normais para suínos de acordo com Friendship et al. (1984) são entre 1,9 e 4,2 g/dL e de 3,49 e 4,44 g/dL para (Doornenbal et al., 1983).

Os resultados encontrados para este parâmetro nos níveis de inclusão do FMAut. indicam efeito significativo ( $p=0,0002$ ) com efeito quadrático ( $p=0,0145$ ) e estimativa de valor de albumina máximo de 4,29 mg/dL no nível de inclusão de 16,25% do FMAut. Valores abaixo da faixa normal podem ser indicadores de afecção crônica no fígado com produção insuficiente, síndrome nefrótica com perda urinária excessiva, desnutrição e estados de catabolismo proteico ou ainda perda na absorção de aminoácidos durante a digestão (González & Silva, 2008).

A porcentagem de albumina relacionada à proteína total aumentou significativamente ( $p=0,0008$ ) com efeito quadrático ( $p=0,0436$ ) alcançando valor máximo de 66,04% ao nível de inclusão de 17,15%. Segundo González & Silva (2006) os valores de porcentagem de albumina entre 50 e 65% são considerados normais.

A concentração média de globulina no sangue (2,51 g/dL) com a inclusão crescente do FMAut. na ração indicou efeito significativo ( $p=0,0042$ ) com comportamento linear decrescente ( $p=0,0003$ ). Porém, considerando o limite de inclusão do farelo em até 20% na dieta a variação observada nos valores de globulina ficou dentro dos níveis fisiológicos normais (1,9 a 4,2 g/dL) determinados por Friendship et al. (1984) para suínos. De acordo com Guyton & Hall (2002) as globulinas desempenham numerosas funções enzimáticas no plasma, dentre as quais, a mais importante está relacionada à imunidade e quando em altas concentrações pode significar infecções e estresse. Do ponto de vista nutricional a redução linear na concentração da globulina ainda associada à elevação dos valores de albumina pode ser um indicativo de que houve uma subestimação dos valores de digestibilidade dos aminoácidos do FMAut.

A relação albumina/globulina apresentou efeito significativo ( $p=0,0025$ ) com aumento linear ( $p=0,0002$ ). em função dos níveis de farelo de mamona autoclavado. A estimativa com a equação  $y = 0,0436 x + 1,2167$  apresenta valor máximo de 2,09 ao nível de 20 % de inclusão de FMAut., ainda assim, está dentro da faixa de referência de 0,4 a 2,2 de acordo com Friendship et al. (1984) sendo esta relação maior em suínos mais novos. Segundo Landell Filho et al. (1993) um quadro de alta concentração de globulina sérica irá inibir a síntese de albumina no fígado bem como baixa globulina estimula a produção de albumina como forma de manter o equilíbrio proteico normal como é observado nestes resultados.

A partir destes resultados observou-se que não houve efeito significativo ( $p=0,1383$ ) da inclusão de FMAut. sobre a concentração de glicose no sangue dos suínos após 35 dias de fornecimento das dietas. O valor médio de glicose encontrado de  $101,66 \pm 3,03$  mg/dL que está dentro do intervalo de referência de 75 a 136 mg/dL estabelecido por Cooper et al. (2014).

Os resultados da concentração de ureia no sangue não apresentaram variações estatística ( $p=0,3687$ ) com a adição dos níveis de FMAut., apresentando valor médio de  $26,47 \pm 0,95$  mg/dL. Esses resultados estão dentro da faixa de variação normal dos valores de referências descrita por

Kaneko et al. (2008) e por Tsutsumi et al. (1999) que é de 10 a 30 mg/dL para suínos. Landell Filho et al. (1993) em estudos com suínos em crescimento estabeleceram valor de ureia de 26,87 mg/dL e para suínos em terminação um valor de 25,43 mg/dL quando as dietas eram tradicionais compostas por milho e farelo de soja.

Segundo Cooper et al. (2014), a ureia no sangue é o nitrogênio ureico sanguíneo - BUN (*Blood Urea Nitrogen*) que é multiplicado pelo fator 2,14. Os autores estabeleceram para leitões ao desmame um valor de 10 mg/dL com amplitude entre 4 a 18 mg/dL. Na presente pesquisa foi determinado um valor médio de BUN em 12,44 mg/dL dentro, portanto, dos valores de referências citados.

Segundo Kephart & Sherritt (1990) o aumento do BUN em níveis séricos pode estar relacionado às dietas ricas em proteína, decréscimo na taxa de filtração glomerular indicando falência renal, redução do volume sanguíneo (que pode ser resultante da desidratação por desbalanço nutricional ou presença de toxinas na dieta), hemorragia gastrointestinal e aumento do catabolismo e quando os valores diminuem pode ser um indicativo de lesão hepática severa (Fettman & Rebar, 2004).

Kumar et al. (2004) comprovaram que a deficiência renal em ratos submetidos à toxicidade da ricina da mamona provavelmente pode estar relacionada à incapacidade de filtragem da molécula da ricina. Os resultados desta pesquisa comprovam que, mesmo no maior nível de inclusão de FMAut. na ração (20%), os níveis de ureia não apresentaram variação em relação ao grupo testemunha, indicador da ausência de efeitos tóxicos nos suínos.

A concentração de ácido úrico no sangue não teve efeito significativo ( $p=0,2558$ ) sendo que o valor médio determinado foi de  $2,922 \pm 0,0148$  mg/L equivalente a 173,8 mmol/L. Este resultado foi cerca de três vezes superior para suínos de 77 kg registrados por Hellwing et al. (2007). Landell Filho et al. (1993) estabeleceram valores médios de ácido úrico de 5,6 e 2,48

mg/L para suínos nas fases de crescimento e terminação, respectivamente, sendo o resultado próximo ao obtido nesse trabalho.

Os resultados de creatinina não foram afetados pela inclusão do FMAut. nas dietas ( $p=0,8587$ ) com valores médios de  $1,06 \pm 0,03$  mg/dL e estão de acordo com os níveis normais descritos por Friendship et al. (1984) de 1,00 a 2,60 mg/dL. A concentração desse metabólito é usada como um indicador da função renal, da integridade dos néfrons, pois o produto é livremente filtrado e não sofre reabsorção. Se a filtração glomerular do rim está deficiente os níveis sanguíneos de creatinina aumentam.

O nível de colesterol no sangue também não foi afetado ( $p=0,9688$ ) pela inclusão de níveis crescentes de FMAut. sendo o valor médio de  $110,73 \pm 5,21$  mg/dL de acordo com Landell Filho et al. (1993) que estabeleceram valor médio de 114,6 mg/dL para suínos de 90 kg e também está dentro da faixa de normalidade de 100 a 200 mg/dL apresentada na literatura para suínos na fase de terminação.

O fígado tem múltiplas funções que vão desde a secreção, excreção, transformações metabólicas, síntese, desintoxicação e armazenagem. Os testes para função hepática no soro sanguíneo incluem as medidas das enzimas hepáticas as aminotransferases TGO e TGP e a fosfatase alcalina.

A avaliação dos parâmetros sanguíneos no caso do uso de níveis crescentes de FMAut. em dietas nutricionalmente balanceadas serve para identificar possíveis efeitos, mesmo que subclínicos, devido à presença residual de toxina, para o caso específico do estudo, a ricina.

A fosfatase alcalina é uma enzima de membrana estando presente em maior quantidade nos tecidos que têm função absorptiva ou de transporte com localização, predominantemente no intestino > placenta > rins e ossos > fígado e sua concentração no plasma aumenta quando existe injúria celular. Ela está presente nas células de revestimento dos dutos biliares no fígado. Níveis plasmáticos de fosfatase alcalina aumentam com a obstrução massiva dos dutos biliares, na

colestase intra-hepática e na intoxicação por elementos exógenos presentes na dieta. Esta enzima também tem elevada presença na mucosa intestinal e injúria neste tecido aumenta seus níveis plasmáticos. Os níveis de referência para suínos na fase de crescimento e terminação são de 180 a 813 U/L conforme apresentado por Friendship et al. (1984) e em Lingaas et al. (1992). No presente estudo níveis crescentes do FMAut. na dieta não afetaram ( $p=0,6305$ ) a expressão da enzima com valor médio de  $469,50 \pm 8,84$  U/L avaliada após 35 dias de fornecimento das dietas.

As enzimas transaminase TGO e TGP também não foram afetadas ( $p= 0,1446$  e  $p=0,8166$ , respectivamente) pelo nível de inclusão do FMAut. na dieta. A enzima TGO está presente nas células parenquimais do fígado, porém, cabe ressaltar que níveis elevados no sangue necessariamente podem não ser única causa de afecção na integridade celular hepática. O valor médio calculado no presente experimento ( $32,81 \pm 1,97$  U/L) está dentro da faixa especificada por diversos autores (Friendship et al., 1984; Lingaas et al., 1992b; Dubreuil & Lapierre, 1997).

A TGP é uma enzima presente predominantemente nos hepatócitos, quando há lesão celular ela atinge a corrente sanguínea e seus níveis séricos podem ser mensurados, sendo esta enzima mais específica que a TGO. Valores observados em leitões ao desmame, suínos em crescimento e terminação, leitões e porcas indicam que a taxa de referência aumenta com a idade dos animais (Friendship et al., 1984). Os valores médios mensurados de  $37,26 \pm 1,82$  U/L nos suínos após 35 dias submetidos às dietas contendo níveis crescentes de FMAut. estão em conformidade com os referenciados por Dubreuil & Lapierre (1997). Lingaas et al. (1992,a) avaliaram a concentração de TGP em 890 suínos na fase de terminação e estabeleceram um valor médio de  $37,63 \pm 8,27$  U/L. sendo mencionado por eles que os valores para machos castrados de  $39,63$  U/L são superiores aos valores apresentados pelas fêmeas  $36,82$  U/L.

Challoner & McCarron (1990) relatam que a presença da ricina pode causar alterações bioquímicas relacionadas a leucitoses, elevação das transaminases e creatinina, hiperbilirrubinemia, insuficiência renal e anemia.

Os parâmetros bioquímicos avaliados comprovam que não houve variações séricas nos animais quando submetidos aos níveis crescentes do FMAut., sendo descartadas possíveis disfunções metabólicas e fisiológicas geradas pela toxicidade da ricina, comprovando a eficácia do processamento.

Na Tabela 7 são apresentados os valores da avaliação de carcaça por medidas de ultrassom dos suínos com 68 kg após 35 dias recebendo níveis crescentes de FMAut. nas rações.

Tabela 7. Medidas do peso médio, área de olho de lombo - AOL, espessura de toucinho - ET, profundidade muscular - PM realizadas por equipamento de ultrassom realizadas em suínos com peso médio de 68 kg

Medidas*	Nível de inclusão de farelo de mamona autoclavado, %					CV, %
	0	5	10	15	20	
Peso médio, kg	69,90±2,58	68,86±1,89	68,98±3,30	67,60±3,89	66,46±3,68	4,64
AOL, cm <sup>2</sup>	27,26±2,37	26,48±1,19	26,44±1,95	25,44±1,09	25,28±2,18	10,24
ET, cm	0,954±0,04	0,986±0,03	0,938±0,08	0,916±0,08	0,940±0,14	18,61
PM, cm	3,720±0,24	3,924±0,05	3,700±0,26	3,578±0,19	3,368±0,20	9,68

\*Os parâmetros avaliados não apresentam diferença significativa ( $p>0,05$ ) através do teste de Dunnett.

Não foram observados efeitos significativos ( $p>0,05$ ) nas estimativas dos parâmetros de carcaça para variáveis de área de olho de lombo (AOL cm<sup>2</sup>,  $p=0,7586$ ), espessura de toucinho (ET cm,  $p=0,9783$ ) e profundidade muscular (PM cm,  $p=0,2077$ ) obtidas por meio das medidas de ultrassom realizadas nos suínos após 35 dias de fornecimento das dietas com níveis de FMAut., comprovando que no nível máximo de inclusão (20%) os suínos apresentam carcaças com características semelhantes aos suínos que receberam a ração com milho e farelo de soja.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores de correlação entre os resultados de ultrassom, desempenho e parâmetros sanguíneos significativos ao nível de probabilidade de  $p<0,05$ .

Tabela 8. Correlação entre os dados de ultrassom área de olho de lombo (AOL), profundidade de músculo (PM) e espessura de toucinho (ET), ganho de peso diário (GPD) e consumo de ração diário (CRD) e parâmetros sanguíneos

Correlações entre parâmetros	AOL	PM	ET	GPD	CRD
Profundidade Muscular	0,7148		0,7090		
Ganho de peso diário	0,9629	0,8000	NS		
Consumo de ração diário	0,8367	0,8436	NS	0,9530	
Conversão alimentar	0,5788	0,8031	NS	0,7757	0,9281
Albumina	-0,8771	-0,5582	-0,6160	-0,7995	-0,6558
Globulina	0,9012	0,6303	0,6557	0,8357	0,7033
Porcentagem de albumina	-0,8932	-0,5957	-0,6331	-0,8222	-0,6840
Relação albumina:globulina	-0,9168	-0,6443	-0,6945	-0,8381	-0,6903
Uréia e BUN	0,8253	0,7583	0,8962	0,7223	0,5605
Creatinina	0,8095	NS	NS	0,7116	0,5495
Fosfatase Alcalina	-0,9771	-0,7454	-0,6117	-0,9493	-0,8427
TG Pirúvica	0,7530	NS	0,6885	0,5508	NS
TG Oxalacética	0,4493	0,9065	0,5480	0,5715	0,6707

Valores significativos de correlação em nível de  $p < 0,05$ .

Calculando a correlação entre os dados de ultrassom com os dados de desempenho observa-se que a AOL e a profundidade de músculo tem correlação elevada com o desempenho. Existe correlação negativa da fosfatase alcalina, albumina, porcentagem de albumina, relação albumina:globulina com os parâmetros de ultrassom (AOL, profundidade de músculo, espessura de toucinho) e desempenho (ganho de peso e consumo de ração), isto indica que o maior desempenho tem como condição uma baixa concentração destes metabólitos no sangue. De forma contrária os parâmetros de desempenho e de ultrassom avaliados têm correlação positiva com a globulina, TGO e ureia.

No organismo a creatinina é um produto da degradação da fosfocreatina nos músculos e dessa forma é diretamente proporcional à massa muscular do animal. Segundo Dubreuil & Lapierre (1997) pode ser constatado um aumento linear no valor da creatinina com o aumento da idade do suíno em crescimento e terminação. No experimento a creatinina tem correlação positiva com a AOL e com o ganho de peso diário e consumo de ração diário. A TGP tem correlação positiva com a AOL, a espessura de toucinho e o ganho de peso diário.



## **CONCLUSÃO**

O FMAut. apresenta um valor de EMA de 2412 kcal/kg e EMAn de 1937 kcal/kg. O ingrediente alternativo nas condições de processamento apresentadas pode ser incluído na ração de suínos em crescimento até o nível de 20% sem prejudicar o desempenho e avaliação de carcaça por ultrassom. Os parâmetros bioquímicos sanguíneos comprovam que o FMAut. não apresenta propriedades tóxicas que causem disfunções metabólicas nos suínos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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**, v.37, suplemento especial, p.260-258, 2008.

ANANDAN, S.; ANIL KUMAR, G.K.; GHOSH, J.; RAMACHANDRA, K.S. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, n.1, p.159-168, 2005.

AOAC (Association of official analytical chemists). Official methods of analysis. 15.ed. Washington: AOAC, 1990.

AZEVEDO, D.M.P.; BELTRÃO, N.E.M. O agronegócio da mamona no Brasil. 2ª ed. rev. e ampl., Embrapa Informação Tecnológica, Brasília-DF, 2007. 506 p.

CANTARELLI, V.S.; FIALHO, E.T.; ALMEIDA, E.C.; ZANGERONIMO, M.G.; AMARAL, N.O.; LIMA, J.A.F. Características da carcaça e viabilidade econômica do uso de cloridrato de ractopamina para suínos em terminação com alimentação à vontade ou restrita. **Ciência Rural**, v.39, n.3, 2009.

CHALLONER, K.R., McCARRON, M.M. Castor bean intoxication. **Annals of Emergency Medicine**, Lansing, v. 19, n.10, p. 1177-1183, 1990.

CONTE, J.A.; TEIXEIRA, A.S.; BERTECHINI, A.G.; FIALHO, E. T.; MUNIZ, J. A. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.6, p.1289-1296, 2002.

COOPER, C. A.; MORAES, L. E.; MURRAY, J. D.; OWENS, S. D. Hematologic and biochemical reference intervals for specific pathogen free 6-week-old Hampshire-Yorkshire crossbred pigs. **Journal of Animal Science and Biotechnology**, v. 5, n. 5, p. 1 -5, 2014.

DOORNENBAL, H.; TONG, A.K.W.; MARTIN, A.H.; SATHER, A.P. Studies on the performance, development and carcass composition of the growing pig: effects of sex, feeding regime and blood serum parameters. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, v. 63, p. 977 - 984, 1983.

DUBREUIL, P.; LAPIERRE, H. Biochemistry reference values for Quebec lactating dairy cows, nursing sows, growing pigs and calves. **Canadian Journal of Veterinary Research**, v. 61, n. 2, p. 235 - 239, 1997.

DUTRA JR., W.M.; FERREIRA, A.S.; TAROUÇO, J.U. Estimativas de rendimentos de cortes comerciais e de tecidos de suínos em diferentes pesos de abate pela técnica de ultra-sonografia em tempo real. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.4, p.1243-1250, 2001.

FERNANDES, K.V.; DEUS-DE-OLIVEIRA, N.; GODOY, M.G.; GUIMARÃES, Z.A.S.; NASCIMENTO, V.V.; MELO, E.J.T.; FREIRE, D.M.G.; DANSA-PETRETSKI, M.; MACHADO, O.L.T. Simultaneous allergen inactivation and detoxification of castor bean cake by treatment with calcium compounds. **The**

**Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.45, n.11, p.1002-1010, 2012.

FETTMAN, M. J.; REBAR, A. Laboratory evaluation of renal function. In: THRALL, M. A.; BAKER, D. C.; CAMPBELL, R. W.; DENICOLA, D.; FETTMAN, M. J.; LASSEN, E. D.; REBAR, A.; WEISER, G. **Veterinary hematology and clinical chemistry**. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, cap.21, 2004.

FRIENDSHIP, R.M.; LUMSDEN, J.H.; MCMILLAN, I.; WILSON, M. R. Heatology and biochemistry reference values for Ontario Swine. **Canadian Journal of Comparative Medicine**, v.48, n.2, p.390-393, 1984.

FURTADO, R.N.; CARNEIRO, M.S.S.; CÂNDIDO, M.J.D.; GOMES, F.H.T.; PEREIRA, E.S.; POMPEU, R.C.F.F.; SOMBRA, W.A. Nutritive value of feeds containing castor bean cake subjected to alternative methods of detoxification for sheep. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.155-162, 2012.

GADELHA, J.A.; FUENTES, M.F.F.; MENDONÇA, H.L. Substituição do farelo de soja pelo de mamona destoxicado em rações de pinto. **Ciência Agrônômica**, v.3, p.71-74, 1973.

GOMES, T.R.; CARVALHO, L.E.; FREITAS, E.R.; NEPOMUCENO, R.C.; ELLERY, E.A.C.; RUFINO, R.H.M. Efeito da inclusão de farelo de arroz integral em rações para leitões de 21 a 42 dias de idade. **Archivos de Zootecnia**, v.61, n.233, p.129-139, 2012.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. Introdução à bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, 357p.

GONZÁLEZ, F.H.D.; SILVA, S.C. Patologia clínica veterinária: texto introdutório. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008, 342p.

GUYTON, A.C., HALL, J.E. Tratado de Fisiologia Médica. Elsevier, 11ª edição. 2006.

HELLWING, A. L.; TAUSON, A. H.; SKREDE, A. Blood parameters in growing pigs fed increasing levels of bacterial protein meal. *Acta Veterinaria Scandinavica*, v.49, n.1, p 33-36, 2007.

HORTON, J.; WILLIAMS, M.A. A cooker-extruder for deallergenation of castor bean meal. **The Journal of the American Oil Chemists Society**, v.66, n.2, p.227-231, 1989

IBGE, Grupo de Coordenação de Estatística Agropecuária (GCEA/IBGE), Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Agropecuária [2013]. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola de 2013**. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistemático\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Comentarios/lspa\\_201303comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistemático_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201303comentarios.pdf)> Acesso em: 20 jun. 2014.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. Blood analyte reference values in some laboratory animals. In: *Clinical biochemistry of domestic animal*. 5.ed. Philadelphia: Academic, Appendix IX, p.881-887, 2008.

KASS, M.L.; FOEST, P.J.V.; POND, W.G. Utilization of dietary fiber from alfafa by growing swine: I. apparent digestibility of diet components in specific segments of gastrointestinal tract. **Journal Animal Science**, Champaign, v.50, p.175-191, 1980.

KEPHART, K.B.; SHERRITT, G.W. Performance and nutrient balance in growing with amino acids and potassium swine fed low-protein diets supplemented. **Journal Animal Science**, v.68, p.1999-2008, 1990.

KUMAR, O.; NASHIKKAR, A.B.; JAYARAJ, R.; VIJAYARAGHAVAN, R.; PRAKASH, A.O. Purification and Biochemical Characterization of Ricin from Castor Seeds. **Defense Science Journal**. v. 54, p. 345-351, 2004.

LANDELL FILHO, L.C.; KRONKA, R.N.; THOMAZ, M.C.; CURTARELLI, S.M. Componentes sanguíneos de suínos em crescimento e terminação, alimentados com rações contendo levedura de centrifugação da vinhaça (*Saccharomyces cerevisiae*). **Revista da Brasileira de Zootecnia**, v.22, n.6, p.969-979, 1993.

LE GOFF, G.; VAN MILGEN, J.; NOBLET, J. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs, and adult sows. **Animal Science**, v.74, p.503-515, 2002.

LINGAAS, F.; BRUN, E.; AARSKAUG, T.; HAVRE, G. Biochemical blood parameters in pigs. 2. Estimates of heritability for 20 blood parameters. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.109, n.2, p.281-290, 1992a.

LINGAAS, F.; BRUN, E.; HAVRE, G.; FROSLIE, A.; AARSKAUG, T.; VANGEN, O. Biochemical blood parameters in pigs. 1. Repeatability and effects of breed, litter number and sampling time. **Journal of Animal Breeding and Genetics**, v.109, n.1, p. 221-230, 1992b.

LIU, Y. 1997. AUSKEY FOR WINDOWS VERSION 5.00, ANIMAL ULTRASOUND SERVICES INC, 95 Brown Road Room248, Ithaca NY, 14850, Users Manual, Copyright. 192p.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, M.W. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. **Agricultural Experimental Station Research Report**, v.7, p.11, 1965.

MONTAGNE, L.; PLUSKE, J.R.; HAMPSON, D.J. A review of interactions between dietary fibre and the intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.108, p.95-117, 2003.

MOTTOLA, A.C.; MACKEY, B.; HERRING, V. Castor meal antigen deactivation pilot plant steam process. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.48, p.510-513, 1971.

NOBLET, J.; LE GOFF, G. Effect of dietary fibre on the energy value of feeds for pigs. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.35-52, 2001.

NOBLET, J.; VAN MILGEN, J. Energy value of pig feeds: effect of pig bodyweight and energy evaluation system. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, p.229-238, 2004.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, M.R.C.; BRITO, A. F.; FILHO, S. C.; DETMANN, E.; VALADARES, R. F.; SOUZA, S. M.; MACHADO, O. L. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castor seed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology**, v.158, p.15-28, 2010.

PEKAS, J.C. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic studies. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.27, p.1303-1306, 1968.

PEREIRA, P.S.; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V.; SANTANA, J.C.N.; SILVA, G.M.; SILVA, A.S. Digestibilidade em Suínos do Farelo de Mamona Submetido a Processamento. In: XII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFRPE - JEPEX, Recife, 2012.

PUPA, J.M.R. Óleos e gorduras na alimentação de aves e suínos. *Revista Eletrônica Nutritime*, v.1, p.69-73, 2004. Disponível em: <[http://www.nutritime.com.br/arquivos\\_internos/artigos/009V1N1P69\\_73\\_JUL2004.pdf](http://www.nutritime.com.br/arquivos_internos/artigos/009V1N1P69_73_JUL2004.pdf)> Acesso em: 20 set. 2014.

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.; EUCLIDES, R.F. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252p. 2011.

SAKOMURA, N.K.; LONGO, F.A.; RABELLO, C.B.; WATANABE, K.; PELÍCIA, K.; FREITAS, E.R. Efeito do nível de energia metabolizável da dieta no desempenho e metabolismo energético de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, p.1758-1767, 2004.

SANTANA, J.C.N. Avaliação nutricional e energético dos farelos de mamona sob diferentes processamentos para frango de corte. Recife, 2010. 62p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco.

SANTOS, P.A. Avaliação do farelo de mamona processado na alimentação de codornas japonesas. Recife, 2011. 79p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco,

SANTOS, Z.A.S.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T.; RODRIGUES, P.B.; LIMA, J.A.F.; CARELLOS, D.C.; BRANCO, P.A.C.; CANTARELLI, V.S. Valor nutricional de alimentos para suínos determinado na Universidade Federal de Lavras. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.232-237, 2005.

SAS - Statistical analysis system: Realease 9.1.3, (software). Cary: Sas Institute, 2008. 620p.

SCHNEEMAN, B.O. Fiber, inulin and oligofructose: similarities differences. *Journal Nutrition*, v.129, p.1424-1427, 1999.

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; COSTA, M.C.R.; BRIDI, A. M.; BELLE, J.C.; AGOSTINI, P.S. Utilização da torta de girassol na alimentação de suínos em fases de

crescimento e terminação: efeitos no desempenho e nas características de carcaça. In: II Congresso Latino Americano de Suinocultura, Foz do Iguaçu, p.247, 2004.

SILVA, C.A.; PINHEIRO, J.W.; FONSECA, N.A.F.; CABRENA, L.; NOVO, V.C.C.; SILVA, M.A.A.; CANTERI, R.C.; HOSHI, E.H. Farelo de girassol na alimentação de suínos em crescimento e terminação: digestibilidade, desempenho e efeitos na qualidade de carcaça. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.982-990, (suplemento), 2002.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3. ed. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 235p.

SILVA, P.R.F.; FREITAS, T.F.S. Biodiesel: o ônus e o bônus de produzir combustível. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.3, p. 843-851, 2008.

SOUFFRANT, W. Effect of dietary fibre on ileal digestibility and endogenous nitrogen losses in the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.93-102, 2001.

TSUTSUMI, Y.; MATSUBARA, H.; MASAKI, H.; KURIHARA, H.; MURASAWA, S.; TAKAI, S.; MIYAZAKI, M.; NOZAWA, Y.; OZONO, R.; NAKAGAWA, K.; MIWA, T.; KAWADA, N.; MORI, Y.; SHIBASAKI, Y.; TANAKA, Y.; FUJIYAMA, S.; KOYAMA, Y.; FUJIYAMA, A.; TAKAHASHI, H.; IWASAKA, T. Angiotensin II type 2 receptor overexpression activates the vascular kinin system and causes vasodilation. **Journal of Clinical Investigation**, v.104, p.925-935, 1999.

WENK, C. The role of dietary fibre in the digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, v.90, p.21-33, 2001.

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, H.; NOBLET, J.; VAN MILGEN, J., Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. **Livestock Science**, v.109, p.27-29, 2007.

## **Capítulo 3**

### **FARELO DE MAMONA AUTOCLAVADO NA ALIMENTAÇÃO DE FRANGOS DE CORTE**

### **Farelo de mamona autoclavado na alimentação de frangos de corte**

**Resumo:** Dois experimentos foram realizados com frangos de corte para avaliar o valor nutricional do farelo de mamona autoclavado (FMAut.) e o desempenho dos frangos alimentados com níveis crescentes desse farelo. O farelo de mamona foi produzido em usina de biodiesel após lavagem em etanol a temperatura de 80°C. Na desintoxicação foram adotados sequencialmente os seguintes procedimentos: mistura de 6% de óxido de cálcio ao farelo, hidratação em proporção 1:1, autoclavagem à pressão de 1,23 atm em temperatura de 104°C por 90 minutos e secagem ao sol. Os experimentos foram realizados utilizando o delineamento inteiramente casualizado com aves de pesos homogêneos na unidade experimental. No ensaio de metabolismo foram utilizados 96 frangos de corte Ross com 32 dias para determinação da energia metabolizável aparente (EMA) e EMA corrigida para nitrogênio (EMAn) do FMAut. Foram estabelecidos quatro tratamentos, seis repetições e quatro aves por parcela. As dietas utilizadas foram uma ração referência (RR) e rações testes com a substituição de 8; 16 e 24% da RR pelo FMAut. No experimento de desempenho foram utilizados 240 pintinhos de corte machos, da linhagem Cobb 500, com peso médio inicial de 45 g. Foram aplicados cinco níveis (0; 5; 10; 15 e 20%) do FMAut. com seis repetições por tratamento e oito aves por parcela para avaliação do desempenho e no fim do experimento foram realizadas avaliação da carcaça e órgão e coleta de sangue para avaliação dos parâmetros bioquímicos. Concluiu-se que o FMAut. apresenta um valor médio de EMA de 2377 kcal/kg e EMAn média de 2110 kcal/kg, pois os níveis de FMAut. não influenciaram os valores energéticos do alimento. Este ingrediente alternativo nas condições de processamento adotado pode ser incluído na ração de frangos de corte até o nível de 20% sem prejudicar o desempenho e avaliação de carcaça e órgãos. Os parâmetros bioquímicos sanguíneos comprovam que o FMAut. não apresentou propriedades tóxicas que causem disfunções metabólicas nos frangos de corte.

**Palavras-chave:** alimento alternativo, autoclavagem, carcaça, óxido de cálcio, parâmetro sanguíneo bioquímico.



### **Autoclaved castor meal in feed for broilers**

**Abstract:** Two experiments were made with broiler in order to evaluate nutritional value of the autoclaved castor meal (CMAut.) and performance of broilers fed with increasing levels of it. The castor meal was produced in biodiesel factory after being washed in ethanol at 80 °C and subsequent drying. In the detoxification routine the following sequential procedures were adopted: mixture of castor meal with 6% of calcium oxide, hydration in 1:1 proportion, autoclaving at the pressure of 1.23 atm at 104°C for 90 minutes, and sun drying. The experiments were made using a completely randomized design with birds of homogeneous weights in the experimental unit. In the metabolism trial 96 32-day-old Ross broilers were used to determine the apparent metabolizable energy (AME) and corrected AME to nitrogen (AMEn) of the CMAut. Four treatments, six replicates of four birds per plot were established. The applied diets were one Reference Diet (RD) and Test Diets with replacement of 8, 16 and 24% of the RD by CMAut. In the performance trial, 240 Cobb 500 male chicks with average weight of 45g were used. Five levels (0, 5, 10, 15 and 20%) of the CMAut. with six replicates per treatment, and eight birds per plot were applied to the performance evaluation, and in the end of the experiment carcass and organ evaluation were made, and blood sample was taken to biochemical parameters evaluation. This alternative ingredient under the adopted processing conditions can be included in the feed of broilers up to the level of 20% without sacrificing the performance and carcass and organs evaluation. The blood biochemical parameters proved that the CMAut. did not toxic characteristics which cause metabolic disorders in broilers.

**Keywords:** alternative food, autoclaving, blood biochemical parameter, calcium oxide, carcass.

## INTRODUÇÃO

No Nordeste brasileiro o maior entrave da produção avícola é gerado a partir da distância das fronteiras agrícolas, onerando o preço de compra do milho e farelo de soja, ingredientes utilizados na ração de aves, que eleva o custo de produção. Pesquisas no Nordeste avaliam co-produtos alternativos, em especial, oriundos das agroindústrias, como possíveis substitutos a esses ingredientes tradicionais.

A mamona (*Ricinus communis* L) é uma planta oleaginosa que produz sementes com até 50% de óleo com grande potencial na produção do biodiesel (Cartaxo et al., 2004). Segundo Anandan et al. (2005) é cultivada em regiões temperadas e tropicais e é encontrada em amplas áreas do território brasileiro. Por apresentar expressiva resistência à seca, se adapta perfeitamente ao clima semi-árido do Nordeste (Beltrão, 2008).

No processo de extração do óleo da mamona são gerados co-produtos, torta ou farelo, que se diferenciam entre si pela retirada do óleo residual através do emprego de solvente. Vários trabalhos foram realizados para avaliar a qualidade nutricional desses co-produtos e, o potencial de utilização para alimentação dos animais de produção (Furtado et al., 2012; Vieira et al., 2011; Abdalla et al., 2008; Benesi, 1979; Gadelha et al., 1973).

Segundo Rostagno et al. (2011) o farelo de mamona apresenta um valor médio de 39,2% de proteína bruta, 1,55% de extrato etéreo, 18,5% de fibra bruta, 6,8% de matéria mineral e um valor de energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio para frangos de corte (EMAn) de 1484 kcal/kg.

Pelo alto teor de proteína do farelo de mamona, torna-se uma alternativa para alimentação animal, em substituição ao farelo de soja. Porém, apresenta em sua constituição compostos nitrogenados com características anti-nutricionais como a ricina,

ricinina e o fator alergênico CB1-A (Matos Júnior et al., 2011; Diniz et al., 2010; Melo et al., 2008; Moshkin, 1986; Gardner et al., 1960) bem como elevados teores de fibra bruta, que pode dificultar seu aproveitamento pelo animal.

Processamentos de inativação dos fatores tóxicos das tortas e farelos foram avaliados através de autoclavagem a pressão e tempos pré-definidos (Oliveira et al. 2010; Anandan et al., 2005), lavagem em etanol com temperaturas distintas e com ou sem presença de álcali (Santana, 2010) ou mistura de aditivos químicos combinada com extrusão sob calor e umidade (Horton & Williams, 1989).

Fernandes et al. (2012) trabalhando com processamentos de inativação do farelo de mamona com 4 e 8% de hidróxido de cálcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ), carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), perceberam que a utilização do carbonato de cálcio não foi eficaz na destoxicação do farelo, mas os processamentos com a utilização de 8% de hidróxido de cálcio e em todas as concentrações de óxido de cálcio inativaram a ricina. Dessa forma, os compostos de cálcio são eficazes para destoxicação do farelo de mamona, reduzindo o risco de manipulação e gerando um produto que pode ser utilizado na alimentação animal.

Teve-se por objetivo determinar a EMA e EMAn do farelo de mamona autoclavado e avaliar o desempenho, os parâmetros sanguíneos, características de carcaça e órgãos de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis crescentes deste co-produto.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Todos os procedimentos experimentais padronizados para os ensaios de metabolismo e desempenho descritos foram submetidos ao Comitê de Ética para Uso de Animais em pesquisa e

experimentação (CEUA) na UFRPE visando à obtenção da licença para a realização das pesquisas.

#### *Processamento do farelo de mamona*

As sementes de mamona utilizadas foram de um único lote de mesma colheita da cultivar BRS Nordestina. O procedimento industrial para geração do farelo de mamona foi realizado na Usina de Biodiesel localizada no município de Pesqueira, Pernambuco, que consistiu no cozimento das sementes via vapor e posterior prensagem mecânica para retirada parcial do óleo das bagas, sendo a torta resultante da prensagem submetida ao solvente (etanol) para retirada do óleo residual à temperatura de 80°C por 20 minutos, obtendo assim o farelo que após seco foi encaminhado à Universidade Federal Rural de Pernambuco.

A torta foi produzida em quantidades suficientes para realização dos ensaios experimentais de metabolismo e desempenho com animais no Departamento de Zootecnia da UFRPE.

No Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia (DZ-UFRPE) realizou-se o processamento de inativação dos compostos tóxicos a partir de uma mistura do farelo de mamona com 6% de óxido de cálcio com posterior hidratação da mistura em proporção 1:1, em seguida, distribuída em cubas de aço inoxidável adaptadas para autoclave. A autoclavagem foi realizada a uma pressão de 1,23 atm a 104°C por 90 minutos. Após este processo o material foi espalhado em bandejas de alumínio sobre lonas plásticas para secar ao sol por dois dias, depois triturado e ensacado.

#### *Ensaio de metabolismo*

Um ensaio de metabolismo foi realizado no Laboratório de Digestibilidade de Não-Ruminantes do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de

Pernambuco (UFRPE), em fevereiro de 2012 para avaliar o farelo de mamona autoclavado e determinar Energia Metabolizável Aparente (EMA) e Energia Metabolizável Aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) para frangos de corte.

Foram utilizados 96 frangos machos da linhagem comercial Ross com de 32 dias, peso médio inicial de  $2050 \pm 20$ g, distribuídos em 24 gaiolas metabólicas com comedouros tipo calha com tela de proteção e bebedouros tipo Nipple, fornecendo água e ração à vontade, em ambiente controlado com temperatura entre 28° e 32°C. A ração experimental referência foi formulada de acordo com a composição dos alimentos e as exigências nutricionais para a idade das aves, segundo Rostagno et al. (2011) conforme exposto na Tabela 1.

Tabela 1. Composição percentual calculada da dieta experimental

Ingredientes	Ração Referência (32 dias)
Milho grão	63,46
Farelo de soja	30,63
Óleo de soja	2,47
Fosfato bicálcico	1,22
Calcário calcítico	0,84
Sal comum	0,46
Premix vitamínico <sup>1</sup>	0,20
Premix mineral <sup>2</sup>	0,17
L-Lisina HCl (78,8%)	0,13
DL-Metionina (99%)	0,28
L-Treonina (98,5%)	0,08
Cloreto de colina (60%)	0,07
<b>Composição calculada</b>	
Energia metabolizável (kcal/kg)	3150
Proteína bruta, %	19,800
Cálcio, %	0,7580
Sódio, %	0,2000
Fósforo disponível, %	0,3540
Lisina digestível, %	1,1310
Metionina + Cistina digestível, %	0,8260
Fenilalanina + Tirosina digestível, %	1,5579
Isoleucina digestível, %	0,7739
Leucina digestível, %	1,5579
Arginina digestível, %	1,2490
Treonina digestível, %	0,7350
Triptofano digestível, %	0,2243

<sup>1</sup>Níveis de garantia do Premix vitamínico: por quilo: vit. A (10.000.000 UI), vit. D<sub>3</sub> (2.000.000 UI), vit. E (20.000 mg), vit. K<sub>3</sub> (4.000 mg), vit. B<sub>1</sub> (1880 mg), vit. B<sub>2</sub> (5000 mg), vit. B<sub>6</sub> (2000 mg), vit. B<sub>12</sub> (10.000 mcg), niacina (30.000 mg), ácido pantotênico (13.500 mg), ácido fólico (500 mg). <sup>2</sup>Níveis de garantia do Premix mineral por quilo: selênio (360 mg), zinco (110.000 mg), iodo (1400 mg), cobre (20.000 mg), manganês (156.000 mg), ferro (96.000 mg), antioxidante (100.000 mg), veículo Q.S.P. 100 g.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos: T1- Ração referência (REF) à base milho e farelo de soja e T2, T3 e T4 - REF com níveis (8; 16 e 24%) de substituição da REF pelo FMAut., respectivamente. Foram seis repetições e quatro frangos, homogêneos no peso, por parcela experimental. O período experimental teve duração de 10 dias, em que foram estabelecidos cinco dias para adaptação às dietas e instalações e cinco dias para coleta de excretas para a determinação do metabolismo.

As análises de matéria seca (MS) e determinação da energia bruta (EB) foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA/DZ/UFRPE) e as de nitrogênio (N), cálcio (Ca) e fósforo (P) foram realizadas no Laboratório de Química do Solo (DEPA/UFRPE). Para as análises de MS, N das rações experimentais, ingredientes e excretas seguiu-se a metodologia de Silva e Queiroz (2005) e as de Ca e P do ingrediente por espectrofotometria de absorção atômica e colorimetria, respectivamente.

A partir dos resultados das análises foram calculados os coeficientes de metabolização aparente da matéria seca (CMAMS), da proteína bruta (CMAPB) e da energia bruta (CMAEB) e os valores de EMA e EMAn fundamentado nas fórmulas descritas por (Sakomura e Rostagno, 2007).

#### *Ensaio de desempenho*

O ensaio de desempenho foi realizado no galpão de experimentação com frangos de corte do Departamento de Zootecnia da UFRPE em janeiro de 2013. Foram utilizados 240 pintinhos de corte machos, da linhagem Cobb 500, com peso médio inicial de 45 g, adquiridos de incubatório comercial localizado no Agreste de Pernambuco e vacinados contra doença de Marek, Gumboro e Newcastle, os quais foram alojados em galpão de alvenaria, coberto com telha de cerâmica, subdividido em 30 boxes com dimensões de 2,00 x 1,00 m, providos de comedouros tubulares e bebedouros pendulares.

As aves foram pesadas individualmente, homogeneizadas e distribuídas nas unidades experimentais considerando-se desvio padrão de  $\pm 5\%$  do peso médio para uma máxima uniformidade da parcela. O manejo de criação seguiu as orientações descritas no manual da linhagem.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com cinco tratamentos, seis repetições e oito aves por unidade experimental. As aves receberam as rações dos tratamentos com FMAut. dos oito aos 42 dias de vida das aves com programa alimentar subdividido nas fases: pré-inicial (um a sete dias), inicial (oito a 21 dias), crescimento (22 a 33 dias) e final (34 a 42 dias), formuladas segundo recomendações de Rostagno et al. (2011).

Os tratamentos experimentais foram: T1 - Ração balanceada controle à base de milho e farelo de soja; T2 - T3 - T4 e T5 ração balanceada com níveis crescente de 5; 10; 15 e 20 % de FMAut. em inclusão ao farelo de soja da ração, respectivamente (Tabela 2).

Diariamente, foram registradas a temperatura ambiente e a umidade relativa do ar, às 8:00 e 16:00 horas, por meio de termo-higrômetro digital, obtendo-se médias, mínimas e máximas de temperatura de 25,0 e 30,3°C e umidade relativa de 62,0 e 66,7%, respectivamente. Foram realizadas semanalmente as pesagens individuais das aves e das sobras de rações, para realização de cálculos de desempenho: consumo de ração, peso corporal, ganho de peso e conversão alimentar, para as diferentes fases de criação e por período total.

Aos 42 dias do experimento foram selecionadas duas aves com peso médio de cada parcela, para realização da coleta de sangue para análise bioquímica. Após o procedimento de coleta de sangue submeteram-se essas mesmas aves a jejum por oito horas, com água à vontade para serem abatidas. O abate foi realizado no dia seguinte aos 43 dias. Os procedimentos consistiram em peso individual e sacrifício, seguindo os padrões de abate por deslocamento cervical, sangria, escaldagem, depenagem e evisceração para avaliação do rendimento de carcaça, dos cortes e das vísceras comestíveis.

Tabela 2. Composição percentual calculada das dietas experimentais do desempenho de frangos de corte

Ingredientes	Dietas														
	8 a 21 d					22 a 33 d					34 a 42 d				
	Níveis de FM autoclavado					Níveis de FM autoclavado					Níveis de FM autoclavado				
	0%	5%	10%	15%	20%	0%	5%	10%	15%	20%	0%	5%	10%	15%	20%
Milho grão	56,80	54,81	52,22	48,99	45,75	59,74	57,75	55,05	51,81	48,57	63,94	61,94	59,06	55,82	52,58
Farelo de soja	36,44	33,74	31,15	28,67	26,20	32,86	30,16	27,59	25,11	22,63	28,99	26,29	23,74	21,27	18,79
FMAutoclavado	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00	0,00	5,00	10,00	15,00	20,00
Óleo de soja	2,90	3,14	3,58	4,25	4,91	3,87	4,11	4,59	5,25	5,92	3,84	4,09	4,63	5,30	5,96
Fosfato bicálcico	1,54	1,51	1,47	1,44	1,40	1,33	1,30	1,25	1,22	1,18	1,11	1,08	1,04	1,01	0,97
Calcário calcítico	0,91	0,31	0,00	0,00	0,00	0,86	0,26	0,00	0,00	0,00	0,77	0,17	0,00	0,00	0,00
Sal comum	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,45	0,45	0,45	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Premix vitamín. <sup>1</sup>	1,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Premix mineral <sup>2</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-Lisina HCl (78,8%)	0,21	0,26	0,32	0,38	0,43	0,21	0,27	0,33	0,38	0,43	0,24	0,29	0,35	0,41	0,46
DL-Metionina (99%)	0,30	0,30	0,31	0,32	0,32	0,28	0,28	0,29	0,30	0,30	0,26	0,26	0,27	0,28	0,28
L-Treonina (98,5%)	0,06	0,09	0,11	0,14	0,16	0,06	0,08	0,11	0,13	0,15	0,06	0,09	0,11	0,13	0,16
Cloreto de colina (60%)	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
<b>Composição calculada</b>															
EMAn (kcal/kg)	3050	3050	3050	3050	3050	3150	3150	3150	3150	3150	3200	3200	3200	3200	3200
Proteína bruta, %	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20	19,80	19,80	19,80	19,80	19,80	18,40	18,40	18,40	18,40	18,40
Fibra Bruta, %	2,92	3,56	4,20	4,84	5,50	2,78	3,56	4,06	4,70	5,33	2,64	3,28	3,92	4,56	5,21
Cálcio, %	0,84	0,84	0,95	1,18	1,41	0,75	0,75	0,88	1,12	1,35	0,66	0,66	0,82	1,06	1,29
Fósforo disp., %	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
<b>Aminoácidos digestíveis, %</b>															
Lisina	1,21	1,21	1,21	1,21	1,21	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06
Metionina+Cistina	0,87	0,87	0,87	0,87	0,87	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
Fenilal+Tirosina	1,70	1,64	1,58	1,53	1,47	1,58	1,52	1,46	1,40	1,35	1,45	1,39	1,34	1,28	1,22
Isoleucina	0,84	0,82	0,80	0,77	0,75	0,78	0,76	0,73	0,71	0,70	0,72	0,69	0,67	0,65	0,62
Leucina	1,67	1,61	1,56	1,50	1,44	1,58	1,52	1,47	1,41	1,35	1,49	1,43	1,38	1,32	1,26
Arginina	1,35	1,35	1,35	1,35	1,35	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
Treonina	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
Triptofano	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
<b>Composição analisada</b>															
Matéria seca, %	87,38	87,79	89,96	87,93	87,56	89,44	85,04	86,08	89,55	86,81	88,30	86,12	87,42	87,07	86,56
Proteína bruta, %	24,91	23,21	23,66	22,23	22,30	20,25	21,10	21,53	22,95	23,05	22,17	20,95	22,04	22,19	20,97
Extrato etéreo, %	6,33	6,92	7,60	8,58	8,90	7,90	7,91	8,23	10,54	11,64	8,60	9,25	9,35	10,33	11,42

<sup>1</sup>Níveis de garantia do Premix vitamínico: vit. A (10.000.000 UI), vit. D<sub>3</sub> (2.000.000 UI), vit. E (20.000 mg), vit. K<sub>3</sub> (4.000 mg), vit. B<sub>1</sub> (1880 mg), vit. B<sub>2</sub> (5000 mg), vit. B<sub>6</sub> (2000 mg), vit. B<sub>12</sub> (10.000 mcg), niacina (30.000 mg), ácido pantotênico (13.500 mg), ácido fólico (500 mg). <sup>2</sup>Níveis de garantia do Premix mineral por quilo: selênio (360 mg), zinco (110.000 mg), iodo (1400 mg), cobre (20.000 mg), manganês (156.000 mg), ferro (96.000 mg), antioxidante (100.000 mg), veículo Q.S.P. 100 g.

A pesagem da carcaça isenta de cabeça, pescoço, pés e gordura abdominal e dos cortes dos comerciais: peito, coxa, sobrecoxa, asas, coxa-da-asa e dorso foram realizadas em balança de variação de 1 g e das vísceras em balança analítica com variação de 0,0001 g. Em seguida procedeu-se a desossa dos cortes comerciais para avaliação do rendimento em carne, osso e pele em balança com variação de 1 g.

### *Análises Estatísticas*

As variáveis avaliadas foram analisadas por intermédio da análise de variância ANOVA, utilizando-se o pacote estatístico SAS (2008), adotando o teste Tukey ( $p < 0,05$ ) para a comparação



de médias no experimento de metabolismo. A análise de regressão foi aplicada no experimento de desempenho, parâmetros sanguíneos e avaliação de carcaça apenas quando o nível de probabilidade para tratamento foi significativo pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os valores da composição química e de energia bruta do farelo de mamona autoclavado.

Tabela 3. Composição química e valores de energia bruta do farelo de mamona autoclavado

Composição nutricional	Farelo de mamona autoclavado
Matéria seca,%	90,30
Proteína Bruta,%	25,80
Fibra Bruta,%	30,26
Extrato Etéreo,%	9,68
Cinzas,%	5,88
Cálcio,%	4,95
Fósforo,%	0,89
Energia Bruta, kcal/kg	4299

Foram observadas variações na composição bromatológica do farelo de mamona autoclavado em relação a outros farelos com diferentes processamentos. Santana (2010) avaliando diferentes processamentos do farelo de mamona observou variações nos valores de MS (89,45 a 91,34%), PB (28,21 a 32,68%) e EB (4680 a 4884 kcal/kg). Costa et al. (2009) utilizando um farelo de mamona de mesma Usina, lavado no etanol a 80°C encontrou valores na composição química de MS (93,77%), PB (30,51%).

Mottola et al. (1971) relatam que podem ocorrer possíveis modificações nos constituintes nutricionais do ingrediente ao se utilizar tratamentos térmicos para inativação dos fatores antinutricionais.

### *Ensaio de metabolismo*

Na Tabela 4 são apresentados os valores calculados do consumo, dos coeficientes de metabolizabilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta e energia bruta e valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida para

balanço de nitrogênio (EMAn) das rações com diferentes níveis de inclusão do farelo de mamona autoclavado na ração referência.

Tabela 4. Valores médios em base na matéria seca (MS) dos parâmetros calculados, coeficiente de metabolizabilidade da MS, PB e EB (CMAMS, CMAPB, CMAEB) e energia metabolizável aparente (EMA), e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) da ração referência (RR) e das rações com 8, 16 e 24% de substituição da RR pelo Farelo de Mamona Autoclavado em frangos de corte

Parâmetros Calculados	RR	Níveis de Farelo de Mamona Autoclavado			CV%
		8%	16%	24%	
Consumo de Ração, g	2674b*	3041ab	3150a	3199a	9,26
Teor de MS na excreta, %	16,41a	15,14a	14,60a	16,51a	9,28
Quantidade de MS excretada, g	599,2c	725,0bc	800,2ab	874,7a	10,44
CMAMS, %	77,82a	76,17ab	74,61b	72,66c	1,43
Quantidade de N ingerido, g	92,44b	106,9ab	114,5a	117,4a	9,01
Teor de N excreta, %	5,33a	4,88ab	4,64ab	4,25b	10,04
Quantidade de N excretado, g	30,94b	35,37ab	37,06a	37,10a	8,17
CMAPB, %	66,12a	66,91a	67,64a	68,37a	2,94
Quantidade de EB ingerida, kcal	12313,2b	14069,2ab	14572,7a	14844,7a	9,23
Teor de EB excreta, kcal/g	4071,9c	4238,5b	4316,9ab	4393,9a	2,15
Quantidade de EB excretada, kcal	2450,0c	3074,0b	3453,4ab	3843,7a	10,71
CMAEB, %	80,37a	78,17b	76,30c	74,11d	1,38
EMA ração, kcal/kg	3700a	3620b	3530c	3440d	1,37
EMAn ração, kcal/kg	3520a	3430b	3330c	3240d	1,53

\*Letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Houve diferença estatística no consumo de ração para os diferentes níveis de substituição da ração referência pelo farelo de mamona autoclavado a medida que aumentou o nível do FMAut. na ração referência existiu um aumento no consumo de ração, sendo explicado, pelo desbalanceamento das rações com FMAut. em relação à ração referência. Segundo Conhalato et al. (1999) em rações desbalanceadas, o mecanismo que regula o consumo pode estar modificado, podendo ocorrer aumento na ingestão de alimento, em resposta às alterações no metabolismo energético ou em resposta à demanda crescente dos aminoácidos na ração.

O desbalanceamento da PB das rações testes ocasionou variações estatísticas nas quantidades de N e EB excretada. Parr & Summers (1991) afirmam que o desbalanço entre os aminoácidos da ração é um dos fatores que influenciam a ingestão de alimento pelas aves.

Conte et al. (2002) descrevem que a energia metabolizável do alimento é um produto resultante da transformação dos nutrientes, sendo afetada direta e positivamente pela composição do alimento em carboidratos de reserva (amido), gordura, proteína e negativamente pelos carboidratos estruturais (fibra).

Os valores de CMAMS, CMAPB, CMAEB, EMA e EMAn do farelo de mamona autoclavado encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5. Valores médios dos coeficientes de metabolizabilidade da MS, PB e EB (CMAMS, CMAPB e CMAEB), energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMAn) em base de matéria natural (MN) do farelo de mamona autoclavado nos diferentes níveis de substituição da RR

Parâmetros Calculados	8%	16%	24%	CV (%)
	FMAut.	FMAut.	FMAut.	
CMAMS, %	57,13	57,74	56,33	4,30
CMAPB, %	76,02	75,64	75,52	2,92
CMAEB, %	52,82	54,97	54,31	3,36
EMA alimento, kcal/kg de MN	2390	2380	2360	3,20
EMAn alimento, kcal/kg de MN	2120	2110	2100	3,57

A substituição da ração referência pelos níveis (8; 16 e 24%) de FMAut. não proporcionou variação estatística nos coeficientes de metabolizabilidade da (MS, PB e EB) e das (EMA e EMAn) nos frangos de corte.

O valor médio de EMA (2377 kcal/kg) e EMAn (2110 kcal/kg) determinados para o farelo de mamona autoclavado foi superior aos encontrados por Faria Filho et al. (2010) de 1829 kcal/kg, Matos Júnior et al. (2011) de 1829 kcal/kg e Rostagno et al. (2011) de 1484 kcal/kg e inferior aos encontrados por Santana (2010) que determinou valores de EMA entre 2759 a 2849 kcal/kg e EMAn 2709 a 2781 kcal/kg para frangos de corte alimentados com diferentes processamentos do farelo de mamona. Provavelmente essas variações nos valores de EMA e EMAn podem estar relacionados às diferentes formas de extração do óleo no processo de desengorduramento do farelo

de mamona, bem como o tipo de processamento de inativação dos componentes tóxicos que interferem diretamente na composição nutricional do alimento.

### *Experimento de desempenho*

Os resultados de desempenho dos frangos de corte no período experimental estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Médias para o peso no final da fase (PESO, g), ganho de peso diário (GP, g), consumo de ração diário (CR, g) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte alimentados com dietas contendo níveis crescentes de FMAut.

	Nível de inclusão de farelo de mamona autoclavado, %					CV, %
	0	5	10	15	20	
8 a 21 dias experimentais						
PESO* 21dias	972,18±5,37	955,00±6,02	958,45±4,49	944,13±10,9*	905,44±11,7*	1,79
GP*	795,45±5,39	777,75±5,51	781,47±3,56	766,94±10,1*	728,29±10,4*	2,19
CR*	1126±17,0	1089±5,00	1097±8,00	1095±21,00	1054±19,00*	2,59
CA	1,416±0,02	1,400±0,01	1,404±0,01	1,428±0,01	1,447±0,01	1,94
22 a 33 dias experimentais						
PESO* 33dias	1944,0±14,0	1917,0±13,0	1935,0±16,0	1931,0±24,0	1846,0±25,0*	2,30
GP	972,23±14,3	961,52±10,2	976,78±14,4	986,60±26,4	940,52±22,0	4,73
CR	1639,0±13,0	1628,0±10,0	1640,0±37,0	1694,0±24,0	1656,0±27,0	3,07
CA	1,687±0,02	1,694±0,01	1,681±0,04	1,724±0,05	1,763±0,02	5,08
34 a 42 dias experimentais						
PESO 42dias	2575,0±28,0	2557,0±34,0	2561,0±45,0	2595,0±36,0	2594,0±34,0	3,58
GP	631,05±20,2	640,45±34,8	625,62±36,7	664,38±39,5	748,07±29,7	12,26
CR	1841,0±39,0	1789,0±35,0	1946,0±45,0	1865,0±30,0	1908,0±45,0	4,86
CA	2,932±0,11	2,832±0,15	3,164±0,19	2,856±0,16	2,573±0,13	12,56

\*Diferem pelo teste de Dunnett ( $P < 0,05$ ). GP 8 a 21 dias com efeito quadrático ( $p = 0,0307$ ) e  $y = -4,2961 x^2 + 11,263 x + 783,45$  ( $R^2 = 0,9136$ ), CR 8 a 21 dias com efeito linear ( $p = 0,0012$ ) e  $y = -2,7543 x + 1119,8$  ( $R^2 = 0,716$ ), CA 8 a 21 dias com efeito quadrático ( $p = 0,0405$ ) e  $y = 0,0003 x^2 - 0,0035 x + 1,4142$  ( $R^2 = 0,9552$ ), Peso aos 21 dias com efeito quadrático ( $p = 0,0294$ ) e  $y = 0,1737 x^2 + 0,5865 x + 967,23$  ( $R^2 = 0,9154$ ), Peso aos 33 dias com efeito quadrático ( $p = 0,0458$ ) e  $y = -0,3914 x^2 + 4,1734 x + 1931,5$  ( $R^2 = 0,9437$ ).

No período de 8 a 21 dias foi verificado efeito significativo para ganho de peso ( $p < 0,0001$ ), consumo de ração ( $p = 0,0062$ ), conversão alimentar (0,0469) e peso aos 21 dias ( $p < 0,0001$ ) e 33 dias ( $p = 0,0068$ ).

No período de 8 a 21 dias foi verificado efeito linear decrescente para consumo de ração com estimativa de redução de consumo de 55 gramas de ração por ave no período ao nível de 20% de inclusão de FMAut., possivelmente pelo aumento de fibra bruta na ração à medida que aumenta a inclusão do ingrediente alternativo.

O ganho de peso no período de 8 a 21 dias teve efeito quadrático com estimativa de nível ótimo de inclusão para 1,31%. A conversão alimentar no período também teve efeito quadrático com estimativa de melhor conversão ao nível de 5,83% de inclusão.

Os pesos aos 21 e 33 dias tiveram efeito quadrático com estimativas de nível ótimo de inclusão em 1,61% e 5,33%, respectivamente. Para o peso aos 42 dias não houve efeito significativo para tratamento ( $p=0,5210$ ). Nos períodos de 22 a 33 dias e 34 a 42 dias não foram observados efeitos significativos ( $p>0,05$ ) para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar. Este resultado indica que o nível máximo utilizado de 20% do FMAut. não afetou as variáveis de desempenho dos frangos aos 42 dias. Provavelmente ocorre uma adaptação fisiológica para o aproveitamento da fibra durante o crescimento dos frangos que é compensado até o abate.

Na Tabela 7 estão apresentados os níveis de significância para tratamento e médias dos parâmetros bioquímicos do sangue para glicose, ureia, ácido úrico, proteína total, albumina, globulina, creatinina, colesterol e das transaminases glutâmico oxalacética e pirúvica dos frangos de corte aos 42 dias alimentados com diferentes níveis de FMAut.

Para o ácido úrico o nível de inclusão de 6,67% foi o que proporcionou a máxima estimativa de concentração para frangos de corte aos 42 dias de idade recebendo farelo de mamona autoclavado. O valor médio determinado (5,589 mg/dL) no presente experimento é semelhante (5,76 mg/dL) ao determinado por Giroir et al. (1991).

Os demais parâmetros sanguíneos avaliados não foram afetados significativamente ( $p>0,05$ ) pelos níveis crescentes de inclusão do alimento alternativo.

Tabela 7. Nível de significância para tratamento e médias para os parâmetros bioquímicos de glicose, ureia, ácido úrico, proteína total, albumina, globulina, creatinina, colesterol e as transaminases glutâmico oxalacética - TGO e pirúvica - TGP dos frangos de corte alimentados com diferentes níveis de FMAut.

Parâmetros bioquímicos	Prob. P=	Nível de inclusão de farelo de mamona autoclavado, %					CV,%
		0	5	10	15	20	
Glicose, mg/dL	0,3550	237,13±6,56	243,53±7,54	252,14±15,5	267,73±18,4	248,77±7,64	10,42
Ureia, mg/dL	0,3013	3,388±0,64	3,876±0,22	4,258±0,40	4,350±0,22	3,298±0,47	27,01
<sup>1</sup> Ác. úrico, mg/dL	0,0016	5,534±0,17	6,210±0,21*	5,759±0,16	5,367±0,30	5,078±0,12	7,32
Prot. total, g/dL	0,1569	3,083±0,07	3,150±0,05	3,267±0,10	3,400±0,10	3,150±0,06	6,99
Albumina, g/dL	0,4413	2,136±0,04	1,924±0,13	2,203±0,19	2,095±0,11	2,275±0,11	15,38
Globulina, g/dL	0,3800	0,947±0,08	1,226±0,17	1,064±0,21	1,305±0,18	0,875±0,11	38,94
Creatinina, mg/dL	0,0986	0,251±0,02	0,271±0,01	0,214±0,01	0,247±0,01	0,202±0,01	19,67
Colesterol, mg/dL	0,7687	179,68±17,4	157,28±20,4	188,06±27,3	201,27±21,1	179,86±26,1	32,14
TGO, U/L	0,9322	316,2±25,8	297,9±27,7	316,6±26,3	303,1±6,14	315,1±18,4	15,06
TGP, U/L	0,6973	4,699±0,45	4,677±0,95	4,646±0,49	4,439±0,15	5,365±0,20	24,20

\*Diferem pelo teste de Dunnett ( $p < 0,05$ ). <sup>1</sup>Efeito quadrático significativo ( $p = 0,0071$ ) com  $y = -0,0054 x^2 + 0,072 x + 5,6728$  ( $R^2 = 0,7684$ ).

A concentração de ureia determinada nas aves no presente experimento é equivalente aos valores apresentados por Giroir et al. (1991).

A concentração de creatinina é usada como um indicador da função renal, da integridade dos néfrons, pois o produto é livremente filtrado e não sofre reabsorção. Se a filtração glomerular do rim está deficiente os níveis sanguíneos de creatinina aumentam. Segundo Barbosa et al. (2011) a creatinina tem pouco valor diagnóstico nas aves porque a creatina é excretada pelos rins antes de ser convertida em creatinina, estando presente em pequenas concentrações no soro sanguíneo das aves. No presente estudo as faixas de valores encontrados para os níveis de FMAut. de 2,20 a 2,27 mg/dL estão dentro dos níveis normais, segundo descritos por Saukas (1993) de 0,16 a 0,41 mg/dL em soro de galinhas e com Kaneko et al. (2008) de 0,1 a 0,4 mg/dL para frangos de corte.

As enzimas transaminase TGO e TGP também não foram afetadas ( $p = 0,9322$  e  $p = 0,6973$ , respectivamente) pelo nível de inclusão do FMAut. na dieta. A enzima TGO está presente nas células parenquimais do fígado, porém, cabe ressaltar que níveis elevados no sangue não necessariamente podem ser a única causa de afecção na integridade celular hepática. As faixas de valores para as enzimas TGO e TGP determinados no presente

experimento de 297,9 a 316,6 U/L e de 4,4 a 5,3 U/L, respectivamente, estão dentro das faixas de referência apresentadas por Borsa et al. (2006) para TGO de 126,0 a 332,0 U/L e para TGP de 4,0 a 14,0 U/L.

As concentrações de glicose, proteína total, albumina, globulina e colesterol determinadas nas aves do presente experimento são concordantes com os valores encontrados por Kaneko et al. (2008).

Os parâmetros bioquímicos avaliados comprovam que não houve variações nos parâmetros sanguíneos dos animais quando submetidos aos níveis crescentes do FMAut., sendo descartadas possíveis disfunções metabólicas e fisiológicas geradas pela toxicidade da ricina, comprovando a eficácia do processamento.

Na Tabela 8 estão apresentados os valores referentes à avaliação do peso de abate, peso das vísceras, pesos das carcaças, peso dos cortes principais e peso de carne dos frangos de corte abatidos aos 43 dias de idade.

Apenas os valores médios dos pesos da sobrecoxa ( $p=0,0191$ ) e peso da carne da sobrecoxa ( $p=0,0352$ ) foram significativos em função dos níveis de FMAut. Os níveis determinados que minimizaram os valores para os dois parâmetros são 12,10% e 12,51% de inclusão de FMAut., respectivamente. O peso estimado via equação para a sobrecoxa no nível de inclusão 12,51% é de 307,7 g representando uma redução em torno de 5,0% em relação à dieta isenta de FMAut.

O peso estimado para a carne da sobrecoxa foi de 224,9 g para o nível de inclusão de 12,51% e isto representa uma redução de 5,7% em relação à dieta sem FMAut. Como regra geral na composição da sobrecoxa existe uma elevada presença de gordura aderida e entremeada à carne que pode ter estado menos presente neste caso colaborando com a redução do peso total e peso da carne verificado durante o processo de desossa.

Tabela 8. Avaliação de carcaça do peso ao abate - PA, peso das vísceras - PVIS, peso da carcaça quente - PCARC Q, peso da carcaça fria - PCARC F e peso dos cortes e carne, de frangos de corte aos 43 dias quando alimentados com níveis crescentes de FMAut.

Avaliação de carcaça	Nível de inclusão de farelo de mamona autoclavado, %					CV, %
	0	5	10	15	20	
PA, g	2440±32,0	2350±30,0	2292±52,0	2343±35,0	2341±28,0	3,79
PVIS, g	205,17±3,72	205,50±3,76	198,17±4,40	214,58±4,55	205,83±7,31	6,28
PCARC Q, g	2211±33,0	2109±34,0	2081±48,0	2117±31,0	2118±25,5	3,99
PCARC F, g	2186±35,0	2094±34,0	2067±46,0	2093±30,0	2096±22,0	4,02
<b>Cortes</b>						
Peito, g	712,00±27,5	663,17±22,3	640,17±20,4	648,58±11,4	637,00±14,8	7,65
Coxa, g	262,33±2,98	247,17±5,58	253,50±4,93	252,17±2,89	262,67±7,52	4,38
<sup>1</sup> Sobrecoxa, g	326,17±5,12	311,83±4,39	298,92±3,79*	322,42±8,67	309,25±2,64	3,55
Asa, g	99,00±3,44	96,17±1,33	95,50±2,15	93,67±1,62	100,33±3,60	6,94
Coxa da Asa, g	103,42±2,70	102,83±1,58	103,08±2,05	99,25±3,27	105,00±2,39	6,02
Dorso, g	389,50±10,0	393,33±9,71	383,33±13,5	384,17±14,3	377,42±5,35	7,37
Pé, g	98,42±2,63	95,42±2,46	93,92±2,71	93,92±1,40	96,08±1,64	5,41
Pescoço, g	155,25±12,0	129,17±2,79	137,25±6,05	144,58±4,77	146,92±3,75	12,38
<b>Carne</b>						
Carne Peito, g	556,25±26,3	527,83±22,3	497,50±11,4	508,67±8,37	500,42±15,5	8,92
Carne Coxa, g	170,50±2,79	163,00±3,56	165,58±5,04	163,83±2,60	163,75±2,56	4,85
<sup>2</sup> Carne Sobrecoxa, g	239,33±5,34	228,83±6,56	222,58±4,23*	230,17±4,56	227,83±3,15	3,80
Carne Coxa da Asa, g	51,67±1,70	50,92±1,63	49,25±0,82	49,33±2,06	51,33±1,17	7,33

\*Diferem pelo teste de Dunnett (P<0,05). <sup>1</sup>Efeito quadrático significativo (p=0,0343) com  $y = 0,1107 x^2 - 2,6793 x + 323,9$  ( $R^2 = 0,3408$ ); <sup>2</sup>Efeito quadrático significativo (p=0,0352) com  $y = 0,0862 x^2 - 2,1571 x + 238,39$  ( $R^2 = 0,7565$ ).

Na Tabela 9 estão apresentados os valores médios para o peso dos órgãos e da gordura de frangos de corte abatidos aos 43 dias expressos em função dos níveis de farelo de mamona autoclavado na dieta.

Tabela 9. Avaliação dos órgãos e gorduras de frangos de corte aos 43 dias quando alimentados com níveis crescentes de FMAut.

Avaliação dos Órgãos	Nível de inclusão de farelo de mamona autoclavado, %					CV, %
	0	5	10	15	20	
Fígado, g	41,92±0,88	43,75±2,21	38,00±1,04	39,25±1,54	38,92±1,75	8,44
Coração, g	11,00±0,43	11,17±0,60	10,92±0,52	11,50±0,48	12,50±0,55	12,16
Moela vazia, g	30,17±1,26	31,75±0,78	30,25±1,93	30,58±0,79	30,33±1,66	11,39
<sup>1</sup> Intestino, g	74,67±1,26	76,00±3,82	75,33±3,01	88,58±3,24*	84,75±2,58	8,56
Pâncreas, g	4,750±0,28	4,667±0,21	4,250±0,21	4,833±0,42	4,667±0,35	17,11
Proventrículo vazio, g	8,333±0,52	7,667±0,49	7,167±0,35	7,833±0,30	8,083±0,35	13,47
Baço, g	1,417±0,20	1,500±0,25	1,500±0,22	1,417±0,20	1,333±0,21	20,03
<b>Gordura</b>						
Gordura total, g	52,83±5,41	46,17±4,83	41,25±2,46	52,25±3,30	40,75±3,55	20,85
Gordura abdominal, g	39,42±4,69	34,33±4,42	27,33±2,31	38,25±3,05	29,42±2,60	23,53
Gordura moela, g	13,42±0,81	11,83±0,87	13,92±1,54	14,00±0,82	11,33±1,46	21,37

\*Diferem pelo teste de Dunnett (P<0,05). <sup>1</sup>Efeito linear significativo (p=0,0014) com  $y = 0,655 x + 73,317$  ( $R^2 = 0,6606$ ).

Apenas o peso do intestino apresentou efeito significativo (p=0,0049) linear positivo para os níveis de inclusão do ingrediente alternativo e no intervalo avaliado



houve um aumento de 0,655 g no peso do intestino a cada um por cento de aumento na inclusão do FMAut.

O aumento linear no peso do intestino pode ser reflexo do aumento do nível de fibra bruta das rações à medida que aumenta a inclusão do FMAut.

### **CONCLUSÃO**

Os níveis de FMAut. não influenciaram os valores energéticos do alimento, apresentando um valor de EMA média de 2377 kcal/kg e EMAn média de 2110 kcal/kg. O ingrediente alternativo nas condições de processamento apresentadas pode ser incluído na ração de frangos de corte até o nível de 20% sem prejudicar o desempenho e avaliação de carcaça e órgãos. Os parâmetros bioquímicos sanguíneos comprovam que o FMAut. não apresenta propriedades tóxicas que causem disfunções metabólicas nos frangos de corte.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ANANDAN, S.; KUMAR, A.G.K.; GHOSH, J. Effect of different physical and chemical treatments on detoxification of ricin in castor cake. **Animal Feed Science and Technology**, v.120, n.1, p.159-168, 2005.

BARBOSA, T.S.; MORI, C.K.; POLONIO, L.B.; PONSANO, E.H.G.; et al. Perfil bioquímico sérico de galinhas poedeiras na região de Araçatuba, SP. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1583-1588, 2011.

BELTRÃO, N. E. M.; OLIVEIRA, M. I. P.; FIDELIS FILHO, J. et al. **Enfoque Agrometeorológico para Cultura da Mamoneira**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2008. (Circular técnica 120). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/CNPA200909/22139/1/CIRTEC120.pdf>> Acesso em: 10 set. 2013.

BENESI, F.J. Influência do farelo de mamona (*Ricinus comunis* L.) destoxicado sobre o proteinograma sanguíneo e desempenho de suínos. 1979. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

BORSA, A.; KOHAYAMA, A.; BORETTI, L. P.; SAITO, M. E.; KUIBIDA, K. Níveis séricos de enzimas de função hepática em frangos de corte de criação industrial clinicamente saudáveis. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 58, n. 4, p. 675-677, 2006.

CARTAXO, W. V.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, O R. R. F. da et al. **O cultivo da mamona no Semi-árido Brasileiro**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2004. (Circular Técnica, 77). Disponível em:<<http://www.cnpa.embrapa.br/publicacoes/2004/CIRTEC77.PDF>> Acesso em: 10 out.2012.

CONHALATO, G.S.; DONZELE, J.L.; ALBINO, L.F.T. et al. Níveis de Lisina Digestível para Frangos de Corte Machos na Fase de 22 a 42 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**,v.28, n.1, p.98-104, 1999.

CONTE, J.A.; TEIXEIRA, A.S.; BERTECHINI, A.G. et al. Efeito da fitase e xilanase sobre a energia metabolizável do farelo de arroz integral em frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v.26, n.6, p.1289-1296, 2002.

COSTA, A.A.G.; LUDKE, M.C.M.M.; LUDKE, J.V. et al. Digestibilidade de nutrientes do farelo de mamona pelo método de dissecação em tilápia do Nilo. In.: Jornada de Ensino Pesquisa e Extensão (JEPEX). **Anais...** Recife, 2009.

DINIZ, L.L.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J. M.S. et al. Effects of Castor Meal on the Growth Performance and Carcass Characteristics of Beef Cattle. **Asian-Australian Journal Animal Science**, v.23, n.10, p.1308-1318, 2010.

FARIA FILHO, D.E.; DIAS, A.N.; BUENO, C.F.D. et al. [2010]. Subprodutos da Mamona na alimentação de aves. **Revista Produção Animal - Avicultura**, edição n.

33, 2010. Disponível em: <[http://www.avisite.com.br/cet/img/20100127\\_mamona.pdf](http://www.avisite.com.br/cet/img/20100127_mamona.pdf)>  
Acesso em: 17 mai. 2014.

FERNANDES, K.V.; DEUS-DE-OLIVEIRA, N.; GODOY, M.G. et al. Simultaneous allergen inactivation and detoxification of castor bean cake by treatment with calcium compounds. **The Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v.45, n.11, p.1002-1010, 2012.

FURTADO, R.N.; CARNEIRO, M.S.S.; CÂNDIDO, M.J.D. et al. Nutritive value of feeds containing castor bean cake subjected to alternative methods of detoxification for sheep. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.64, n.1, p.155-162, 2012.

GADELHA, J.A.; FUENTES, M.F.F.; MENDONÇA, H.L. et al. Substituição do farelo de soja pelo de mamona desintoxicado em rações de pinto. **Ciência Agrônômica**, v.3, p. 71-74, 1973.

GARDNER JR., H.K.; D'AQUIN, E.L.; KOULTUN, S.P. et al. Detoxification and deallergenization of Castos Beans. **The Journal of the American Oil Chemists Society**. v.37, p.142-148, 1960.

GIROIR, L.E.; HUFF, W.E.; KUBENA, L.F.; HARVEY, R.B.; et al. The individual and combined toxicity of kojic acid and aflatoxin in broiler chickens. **Poultry Science**, v.70, n.6, p.1351-1356, 1991.

HORTON, J.; WILLIAMS, M.A. A cooker-extruder for deallergenization of castor bean meal. **The Journal of the American Oil Chemists Society**, v. 66, n. 2, p. 227-231, 1989.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. Clinical biochemistry of domestic animals. 6. ed. New York: Academic Press, 896 p., 2008.

MATOS JR., J.B.; DIAS, A.N.; BUENO, C.F.D. et al. Metabolizable energy and nutrient digestibility of detoxified castor meal and castor cake for poultry. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2439-2442, 2011.

MELO, W.C.; SANTOS, A.S.; SANTA ANNA, L.M.M. et al. Acid and enzymatic hydrolysis of the residue from castor bean (*Ricinus communis* L.) Oil extraction for ethanol production: detoxification and biodiesel process integration. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v.19, n.3, 418-425, 2008.

MOSHKIN, V.A. **Castor**. New Delhi: Amerind, p.315, 1986.

MOTTOLA, A.C.; MACKEY, B.; HERRING, V. Castor meal antigen deactivation pilot plant steam process. **Journal of the American Oil Chemists Society**, v.48, p.510-513, 1971.

OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, M.R.C. et al. Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castor seed meal treated with calcium hydroxide. **Animal Feed Science and Technology** v.158, p.15-28, 2010.

PARR, J. F.; SUMMERS, J. D. The effect of minimizing amino acid excesses in broiler diets. **Poultry Science**, Champaign, v.70, n.7, p. 1540-1549, 1991.

SANTANA-SILVA, J. C. N. Farelo de mamona autoclavado na alimentação de suínos e...

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 252 p., 2011.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** 1.ed. Jaboticabal: FUNEP, 283 p.,2007.

SANTANA, J. C. N. Avaliação nutricional e energética dos farelos de mamona sob diferentes processamentos para frangos de corte. 2010. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SAS - Statistical analysis system: Realease 9.1.3, (software). Cary: Sas Institute, 2008. 620p.

SAUKAS, T. N. Variáveis hematológicas e bioquímicas em aves (*Gallus gallus*, LINNAEUS, 1758) inoculadas com amostras vacinal e de campo do vírus da doença infecciosa bursal.1993. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos.** 3. ed. Viçosa-MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

VIEIRA, M.M.M.; CÂNDIDO, M.J.D.; BOMFIM, M.A.D. et al. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com rações contendo quatro níveis de inclusão do farelo de mamona. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.4, p. 444-451, 2011.