

# Viabilidade dos co-produtos do biodiesel na alimentação de ruminantes: Mitos e Realidades

Marco A.D. Bomfim<sup>1</sup>, Marcelo F. Fernandes<sup>2</sup>, Leandro S. Oliveira<sup>3</sup>

## 1. Introdução

O interesse em fontes alternativas de energia não é recente. No entanto, o alto preço do barril de petróleo no mercado mundial, associado à preocupação com as mudanças climáticas globais provocadas, em certa extensão, pela emissão de gases oriundos da queima de combustíveis fósseis tem acelerado este processo nos últimos anos. Acompanhando este contexto, o governo brasileiro tem direcionado esforços para que o País seja reconhecido como referência na produção de biocombustíveis, incluindo o etanol e o biodiesel produzido a partir de óleos e gorduras.

A motivação para o fortalecimento dos biocombustíveis não se resume somente à mitigação do aquecimento global ou a independência energética, mas também dos benefícios econômicos, especialmente para o setor primário, que podem advir com o desenvolvimento desta cadeia produtiva. Estes benefícios não estão ligados somente à agricultura, mas também à pecuária que pode se beneficiar dos co-produtos resultantes do processamento da matéria-prima.

Do ponto de vista da produção animal o interesse nos biocombustíveis está na redução do preço de alimentos como o farelo de soja e na disponibilidade de alimentos mais baratos que possam substituir aqueles tradicionalmente utilizados na alimentação dos rebanhos, sem alterar a produção ou a qualidade dos produtos. Sob esta ótica, seguramente o Nordeste é a região que mais pode se beneficiar com o desenvolvimento da cadeia do biodiesel, isto porque grande parte do território semi-árido apresenta limitações para o desenvolvimento de uma agricultura com alta produção, havendo uma dependência da importação de alimentos concentrados para os animais de outras regiões do País. Anualmente a região consome cerca de 780 mil toneladas de farelo de soja, o que representa algo em torno de 600 milhões de reais, dos quais a maior parte é enviada do Nordeste para outras regiões que comercializam estes produtos (BUNGE Alimentos – informação pessoal). Em adição, em função dos custos de transporte, os alimentos chegam a preços bastante elevados, comprometendo a eficiência econômica da produção.

Qualquer fonte de lipídios (óleos ou gorduras) pode ser matéria-prima para produção de biodiesel, seja vegetal, animal ou mesmo óleos residuais como aqueles de frituras. No Nordeste as plantas de biodiesel estão concentradas na produção de combustível usando os óleos de babaçu, de dendê e de mamona. No entanto tem-se cogitado muitas outras oportunidades de plantas produtoras de óleo, especialmente nativas, entre as quais se destaca o pinhão manso.

Um artigo abordando as potencialidades dos co-produtos da cadeia do biodiesel para ruminantes foi publicado recentemente no Simpósio Internacional de Ovinos de Corte (Bomfim et al., 2007). Informações sobre os diferentes co-produtos desta indústria foram revisados, bem como foram apresentadas tabelas de composição e de recomendações de uso, as quais foram atualizadas e são apresentadas também neste documento. Portanto o presente artigo versará sobre os recentes avanços dos co-

<sup>1</sup> D.Sc. Nutrição de Ruminantes, pesquisador da Embrapa Caprinos, Cx Postal 145, CEP: 62.010-970, Sobral-CE, e-mail: [mabomfim@cnpq.embrapa.br](mailto:mabomfim@cnpq.embrapa.br)

<sup>2</sup> MsC. Doutorando UFPB, bolsista CNPq, [marceloffernandes@pop.com.br](mailto:marceloffernandes@pop.com.br)

<sup>3</sup> MsC. Nutrição de Ruminantes, analista da Embrapa Caprinos, [leandro@cnpq.embrapa.br](mailto:leandro@cnpq.embrapa.br)

produtos com potencial para o Nordeste, tais sejam a mamona, o babaçu e o dendê, além do pinhão manso como uma matéria prima potencial. Por fim apresenta-se uma proposta teórica de projeção de preço máximo para os co-produtos baseado no desempenho observado na pesquisa.

## **2. Viabilidade dos co-produtos de mamona na alimentação de ruminantes**

Dentre as fontes de óleo para a produção de biodiesel a mamona é a que tem recebido mais atenção do governo e da pesquisa no Nordeste, principalmente por ser uma planta que se adapta bem como cultura para o semi-árido com precipitações entre 600 e 800mm, altitudes de 300 a 800m (Segundo Silva, 2008), podendo representar uma alternativa de renda para estas áreas. Além disto, não produz um óleo comestível e, portanto, a produção de biodiesel a partir da ricinocultura não compete com a produção de alimentos. Existe hoje um pacote de medidas de redução de impostos e criação do selo “combustível social” para o produtor de biodiesel que utilizar matéria prima de produtores enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar tendo a mamona como principal cultura (Lima, 2007, Sluszz & Machado, 2006).

Ao falar de viabilidade dos co-produtos da mamona para alimentação de ruminantes é importante deixar claro que apesar da abordagem neste trabalho estar direcionada para os co-produtos e sua utilização na alimentação de ruminantes, a viabilidade está intimamente associada ao desenvolvimento da cadeia como um todo, e à própria legislação, uma vez que as especificações estabelecidas, em alguns quesitos, ainda não são atendidas plenamente pelo biodiesel produzido a partir do óleo de mamona (Monteiro, 2008). Ainda hoje a produção de óleo no Brasil é fortemente concentrada em soja (93,99%) enquanto que o óleo de mamona, apesar de ter crescido 57% de 2007 para 2008, representa apenas 0,57%, o que é ainda é muito pouco para dar suporte ao programa (CONAB, 2008; Monteiro, 2008, citando notícia da Agência Brasil/Danilo Macedo). Dentre os gargalos da cadeia produtiva da mamona no Nordeste destacam-se o baixo preço pago pelo produto no mercado, a ausência de política de crédito adequada, a falta de genótipos produtivos, pragas e irregularidade das chuvas os quais ainda necessitam serem superados na estruturação da cadeia (Queiroga & Santos, 2008; Milani, 2008).

Os co-produtos resultantes da extração do óleo da mamona, com maior potencial para a utilização na alimentação de ruminantes são a casca, a torta e o farelo, estes dois últimos atualmente aproveitados como fertilizante de alta qualidade.

Outro co-produto com potencial de uso é a glicerina mas, apesar de alguns grupos terem iniciado pesquisas, ainda não há resultados a serem apresentados e as alternativas tecnológicas na indústria ainda são as mais cogitadas destinações para este material. Alguns resultados com animais monogástricos já estão disponíveis, mas não demonstram, para estes animais, grande potencial de uso (Vieira et al., 2008).

### ***2.1 Viabilidade da utilização da casca de mamona na alimentação de ruminantes***

Atualmente dois trabalhos estão disponíveis na literatura abordando o avaliação da casca de mamona para alimentação de ruminantes. Bomfim et al. (2006) avaliando a casca de mamona em ensaio de digestibilidade em marrãs e o trabalho de Santos et al. (2007), cujos dados geraram uma dissertação de mestrado avaliando este co-produto na dieta de caprinos leiteiros (Santos, 2008).

Por definição a casca de mamona é um alimento volumoso que apresenta baixo conteúdo de proteína bruta (5 a 8,75%), com alto teor de N-FDA (49% do N-total), de FDN (43 a 77%) e de lignina (6,6 a 9%) (Tabela 7). Os resultados obtidos por Santos et al. (2007) que avaliaram a substituição do feno de capim-tifton pela casca de mamona para cabras leiteiras (33, 66 e 100%), demonstram que em geral há uma redução linear da produção de leite com a adição de casca de mamona, contudo, a substituição de 33% do feno de capim-tifton não diferiu do tratamento controle para animais produzindo em torno de 1 kg/cab/dia. Por outro lado, deve-se registrar que a substituição total do feno de capim-tifton pela casca ainda possibilitou aos animais produzirem 0,760 kg, que é uma média razoável para determinados sistemas de produção no Nordeste. É importante deixar claro que a dieta foi balanceada e houve a participação de concentrado, e não o volumoso como alimento único.

Este trabalho demonstra a possibilidade de utilização da casca do ponto de vista da produção. No entanto, o material que está disponível, como vem sendo distutido em outras publicações, não contém apenas cascas, mas também fragmentos de sementes decorrentes da ineficiência da máquina de descascar a mamona. Isto leva a três implicações. Primeiro há um aumento no teor de energia e redução no teor de fibra da dieta pela adição ao material, do óleo presentes nestes fragmentos, o que pode ser interessante do ponto de vista da composição bromatológica e do valor de energia. Segundo, adiciona também à casca, certa quantidade de ricina, uma proteína extremamente tóxica que pode levar os animais a óbito dependendo da quantidade ingerida. A este respeito, levando em consideração a estimativas de níveis tóxicos para caprinos de 5,5g/kgPV (Távora, 1982), uma cabra de 50kg não poderia consumir mais que 275g de fragmentos de sementes. No trabalho de Santos (2008) o consumo estimado de fragmentos variou de 9,3 a 19,7 g/dia. Mesmo utilizando a casca com 13% de fragmentos para marrãs de 30 kg de peso vivo (Bomfim et al., 2006), cuja dose letal seria de 36g/cab/dia (Távora, 1982), o consumo de fragmentos variou de 0,17 a 1,82g/dia, demonstrando haver certa margem de segurança a este respeito. De fato o resultado da avaliação metabólica destas marrãs não demonstrou haver implicações, pelo menos no que diz respeito às funções hepática e renal (Bomfim et al., dados não publicados). Por fim, traços do ácido graxo ricinoléico, principal componente do óleo de mamona, foram identificado na gordura do leite das cabras consumindo dietas com 66 e 100% de cascas em substituição ao feno de capim-tifton (Santos, 2008). Trabalhos feitos com a adição de óleo de mamona na dieta das cabras leiteiras. Esta incorporação de ácido ricinoléico tem sido relacionada à depressão da gordura do leite, bem como à presença de um sabor caprino mais acentuado e menor aceitação do leite em análises sensoriais. Deve-se ressaltar contudo que a adição de casca de mamona eleva também a participação de ácidos graxos de cadeia curta, especialmente C<sub>10:0</sub> que também tem implicações na formação do sabor em leite de cabra(Santos, 2008; Pereira et al., 2007; Maia et al., 2007).

Além das inferências específicas, estes resultados demonstram que as implicações do uso de co-produtos sobre a qualidade dos produtos e o valor nutritivo em humanos precisam ser investigadas, complementando os ensaios de produção animal.

## ***2.2 Viabilidade da utilização da torta e farelo de mamona na alimentação de ruminantes***

O farelo e a torta de mamona são os dois alimentos que tem o maior potencial de promover impacto na produção animal caso o projeto de biodiesel utilizando esta fonte obtenha os resultados esperados.

Estes co-produtos possuem alto teor de proteína (34-41%), dos quais somente 8% do nitrogênio total não está disponível (N-FDA). Apesar do valor de FDN apresentado nos trabalhos, estimado em 43 a 52%, ser alto, deve-se considerar, contudo, o alto teor de amido (>40%) verificado por Melo et al. (2008a), que pode estar influenciando estas estimativas se o tratamento com amilase não estiver precedendo a determinação da FDN.

Os últimos resultados publicados têm demonstrado que o farelo de mamona (destoxificado por autoclavagem 15 psi, 60 min.) tem um valor nutritivo comparado ao do farelo de soja, podendo substituir até 100% desta fonte em dietas de terminação de ovinos sem qualquer prejuízo para o desempenho ou para as características de carcaça. Não houve qualquer sintoma de intoxicação e a avaliação macroscópica dos órgãos internos após os 70 dias de experimento não apresentou alterações perceptíveis (Cândido et al., 2008a, Cândido et al., 2008b). Ainda estão sendo avaliados parâmetros de funções hepática e renal e a histologia dos órgãos, mas já existem boas evidências do grande potencial de uso. Com relação à torta, não são esperadas grandes alterações em relação ao farelo, mas as implicações do óleo residual precisam ficar claras, conforme discutido no tópico sobre a casca de mamona.

Baseado nisto, pode-se afirmar que, do ponto de vista da utilização na alimentação de ruminantes, a viabilidade do farelo e, provavelmente da torta de mamona, está relacionada muito mais à destoxificação destes materiais com métodos rápidos, baratos e com eficácia suficiente para dar segurança à utilização deste co-produto, do que propriamente às limitações de composição ou digestibilidade. Não se sabe exatamente se a maior parte do óleo para o programa de biodiesel será extraída em máquinas móveis nas propriedades ou na indústria, de qualquer modo estas técnicas têm que contemplar as duas possibilidades, ou seja, técnicas para o uso da indústria, em grande escala e técnicas para uso nas pequenas propriedades rurais (Cândido et al., 2008c).

Embora a destoxificação seja o foco, não se deve esquecer da importância de serem desenvolvidos/aprimorados métodos rápidos, baratos e precisos que permitam a identificação da ricina. A utilidade não está somente na avaliar dos efeitos da destoxificação, mas também para estabelecer um controle de qualidade deste co-produto, evitando os riscos de uma intoxicação acidental.

### ***2.2.1 Identificação da ricina***

As principais técnicas de identificação da ricina se baseiam em métodos sorológicos, cromatográficos e eletroforéticos (Furtado et al., 2008). Dentre estas técnicas a mais empregada atualmente, pelo menos no Brasil, tem sido a eletroforese (método SDS-PAGE) seguindo o protocolo descrito por Anadan et al. (2005). Com esta técnica pode-se identificar as duas bandas da ricina baseada no peso molecular e ainda ter uma estimativa comparativa de sua concentração através da intensidade do aparecimento das bandas. É uma técnica relativamente simples, mas que originalmente consome muito tempo, cerca de 10 horas para que seja concluída. Modificações no protocolo, já permitem que além da economia de reagentes, este tempo possa ser reduzido para cinco horas (Fernandes, pesquisa em andamento), o que sem dúvida torna o método muito mais interessante.

Outra técnica de identificação cujos resultados têm sido publicados é a sorológica usando Elisa e Western blot, com anticorpos produzidos em coelhos. Os resultados iniciais são promissores e ambos os testes apresentaram alta sensibilidade e especificidade para a detecção da ricina (Furtado et al., 2008).

Entretanto, apesar da informação sobre a presença/ausência da ricina, uma questão que tem sido levantada é que tão, ou mais importante que a identificação, é a informação sobre a atividade da proteína. Uma questão discutida no painel sobre a utilização dos co-produtos da mamona na alimentação animal durante o III Congresso Brasileiro de Mamona, foi se após os tratamentos, a ricina que ainda é identificada poderia já estar com sua estrutura parcialmente hidrolizada o que eliminaria o seu efeito tóxico. Outra questão que tem sido apresentada dentro do grupo de pesquisa da Embrapa Caprinos é se alguns produtos da hidrólise da ricina, como peptídeos, poderiam apresentar efeitos tóxicos também (Egito, A.S., comunicação pessoal). De qualquer forma, somente a informação da redução e/ou desaparecimento da ricina não parece ser suficiente para considerar a torta ou o farelo destoxificado e as técnicas para a identificação de atividade devem ser associadas.

Uma alternativa clássica é a utilização de modelos animais. Melo et al. (2008b) avaliou a letalidade em camundongos com injeções intraperitoneais de um extrato do farelo de mamona durante um período de 96h. Para avaliação da letalidade os resultados foram interessantes, mas não se pode ter uma avaliação mais pormenorizada da atividade da ricina, uma vez que a resposta a esta técnica é apenas em uma escala, mortos/vivos.

Outra proposta apresentada recentemente foi a utilização de modelos clássicos na avaliação de drogas em farmacologia. Estirpes (AB1 e N2) do nematódeo *Caenorhabditis elegans*, que tem sido utilizado na indústria farmacêutica para avaliar toxicidade de medicamentos e produtos, foram utilizados para avaliação da atividade da ricina extraída da mamona. Estes nematódeos são expostos à ricina por 18 horas em placas de petri. Os resultados demonstraram potencial para utilização deste teste de toxicidade, apresentando alta correlação entre a concentração de ricina e o % de nematódeos mortos (Demant et al., 2008). No entanto ainda há necessidade de mais estudos de correlação para estabelecer padrões.

Ao que parece, uma boa opção é a aproximação maior com grupos de pesquisa da área de toxicologia para que sejam geradas/adaptadas metodologias, a exemplo daquela apresentada por Demant et al. (2008), que possam ser utilizadas na rotina para avaliação da toxicidade do farelo e da torta de mamona.

### **2.2.2 Destoxificação da ricina**

O grande foco hoje nos grupos que estão trabalhando com co-produtos da mamona é a destoxificação. Seria ideal que a redução/eliminação dos teores de ricina estivesse incluída nos projetos de melhoramento genético da mamona no Brasil, mas ao que parece, pelo menos o que está posto nos trabalhos apresentados no III Congresso Brasileiro de Mamona, apontam ainda vários desafios agrônômicos e industriais a serem superados. Isto tem feito com que os objetivos do melhoramento para esta cultura no País estejam mais direcionados para o desenvolvimento de cultivares adaptadas à irrigação ou com maior resistência à seca e altas temperaturas, maior produção e produtividade, maior teor de óleo, menor ciclo de produção, menor altura da planta, adaptação às regiões litorâneas, resistência à doenças e pragas, do que a concentração de ricina (Milani, 2008; Savy Filho et al., 2008). Portanto, pelo menos neste primeiro momento, a redução ou eliminação da ricina esta mais dependente das técnicas de

destoxificação dos co-produtos que a produção de materiais com baixa concentração ou ausente em ricina.

Os tratamentos que tem sido testados para destoxificação da ricina incluem desnaturação térmica, extrusão, tratamentos químicos, tratamentos biológicos e tratamento natural/enzimático (Machado, 2008).

Os trabalhos de pesquisa avaliando alternativas de destoxificação da mamona não são recentes. A autoclavagem (associação da pressão e temperatura) foi proposta como eficaz para a destoxificação da mamona pela primeira vez na década de 40. Posteriormente, na década de 60, foram propostos os agentes alcalinizantes, entre eles o NaOH, KOH e o  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , além da amonização. Outros métodos testados nesta mesma década foram o tratamento ácido, a uréia, o permanganato de potássio e a fermentação aeróbia (Gardner et al., 1960). Depois da década de 60 houve uma redução significativa na produção científica voltada à destoxificação da mamona. Mais recentemente, o trabalho de Anadan et al. (2005) reiniciou o debate no Brasil, especialmente porque coincidiu com o “start” da discussão sobre bicomcombustíveis em 2006. Este trabalho confirmou a autoclavagem (15psi por 30 min) como 100% eficaz, assim como o hidróxido de cálcio  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  na proporção de 40g/kg de torta/farelo. Também merecem destaque o nível de destoxificação conseguido com o cloreto de sódio na base de 20g/kg (91%) com fervura por 30 min (90%) e somente com imersão em água por 12h (84%) que, embora tenham apresentados resultados ainda aquém do desejado, podem ser utilizados em estratégias combinadas.

No Brasil, várias alternativas tem sido avaliadas, dentre as quais o efeito do armazenamento, o uso de tratamentos químicos e/ou físicos, tratamentos biológicos e a associação de estratégias. Estes resultados são apresentados em seguida.

### ***Armazenamento***

O conteúdo de ricina foi avaliado em amostras expostas ao sol ou em estufas por longo período de tempo e demonstrou um possível efeito das proteases presentes na torta de mamona ao longo do período de armazenamento. Os resultados indicam que há degradação da ricina em torta armazenada diretamente ao sol a partir de 15 dias de exposição, enquanto que em estufa, a 37°C, resíduos da proteína ainda puderam ser identificados de ricina após quatro meses de trabalho (Crespo Neto et al., 2008). Estes resultados são bastante interessantes e podem ser subsídio para estratégias combinadas na indústria ou para pequenos produtores. Obviamente ainda são resultados iniciais e devem ser pormenorizados para que possam ser recomendados.

### ***Tratamento físico e/ou químico***

Vários trabalhos foram apresentados por Machado (2008) de avaliação da destoxificação da torta/farelo de mamona usando fatores físicos e/ou químicos, os quais são sumarizados abaixo.

Moura et al. (resultados preliminares), avaliando tratamento físico (aquecimento) e tratamento físico associado ao químico (aquecimento + óxido de cálcio) com tempos de exposição aos tratamentos variando de 2, 4 e 6 horas demonstraram que, independente da temperatura, é necessária a adição de CaO para degradação da ricina. Estes resultados sugerem que a adição de 10g CaO/kg de torta são suficientes para a destoxificação.

Ascheri & Machado (dados preliminares) em trabalho conduzido pela Embrapa em parceria com a Universidade Estadual Norte Fluminense (UENF) e outros, testaram a extrusão como opção para produção de um farelo destoxificado. A temperatura de extrusão expôs o farelo a 120°C por cerca de 30s. Em adição a isto, foi associada uma

solução de Cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) a 1 ou 2% antes da extrusão. O produto foi submetido à pré-secagem em estufa por 8 horas a  $50^\circ\text{C}$ . Embora os tratamentos tenham reduzido significativamente o conteúdo de ricina, ainda foram identificados traços de ricina após os tratamentos, indicando que mais testes devem ser feitos para o acerto dos parâmetros.

Oliveira et al. (dados preliminares) testaram métodos químicos ( $\text{CaO}$  e  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) e físico (autoclavagem –  $1,23 \text{ kg/cm}^2$  ou 15psi durante 60 ou 90 min.) para destoxificação do farelo. Os melhores resultados foram obtidos com  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e  $\text{CaO}$ , ambos na concentração de 60g/kg e diluído em água (1:10) e também com autoclavagem a  $1,23\text{kg/cm}^2$  (15psi) por 90 minutos.

Resultados parciais na Embrapa Semi-Arido com o uso de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  e avaliação de desempenho em cordeiros tem obtido bons resultados utilizando 60g/kg.

Fernandes (pesquisa em andamento) tem avaliado estratégias de destoxificação diferentes daquelas apresentadas por Anandan et al.(2005), incluindo tanto agentes acidificantes quanto alcalinizantes. Do primeiro grupo foram avaliados ácido acético, cítrico e fórmico durante 24h. Foi observada uma redução na ricina com o ácido acético, mas não foi suficiente para destoxificação da torta de mamona. Os agentes alcalizantes foram hidróxido de sódio, uréia e bicarbonato de sódio. Embora tenha havido uma redução na ricina em todos os tratamentos, o uso do hidróxido de sódio eliminou 100% da ricina do co-produto. Outras opções avaliadas foram o hipoclorito de sódio e a amônia quaternária que também não se mostraram promissoras. Estes resultados confirmam os agentes alcalizantes, dentro dos agentes químicos, como tratamento mais promissor pelo menos até o momento.

### ***Tratamento biológico***

Tratamento biológico com fermentação no estado sólido foi avaliado na UFRJ. Neste trabalho foram avaliados a torta hidrolizada, autoclavada e fermentada por 96h. Estes resultados também demonstram eliminação da ricina (Machado, 2008).

### ***Hidrólise enzimática e tratamento químico***

Melo et al. (2008a) associaram uma hidrólise enzimática, que originalmente estava sendo utilizada para o aproveitamento do amido da torta para a produção de etanol, associada ou não à hidrólise química com  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ou enzimática e observaram um efeito significativo na redução da ricina no resíduo oriundo da hidrólise química com ácido sulfúrico associado com aquecimento ( $0,25 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $120^\circ\text{C}$  por 30 minutos). Enquanto a torta não tratada, resultou em 100% de obitos em camundongos, não foram registradas mortes no grupo no qual foi testado o material destoxificado (Melo et al., 2008b). Entretanto os resultados não apontam para uma eliminação total da ricina.

### ***Comentário sobre os trabalhos de destoxificação***

De uma forma resumida, os tratamentos que tem apresentado os melhores resultados isoladamente são aqueles térmicos associando temperatura, pressão e umidade (15psi por 30 min) e os tratamentos alcalinos principalmente o  $\text{CaO}$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  com potencial também para o  $\text{NaOH}$ . Com relação ao  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  ainda há uma discussão sobre os níveis ideais, que tem variado de 10 a 60g/kg de farelo/torta. Esta variação parece estar relacionada ao manejo dos materiais durante a destoxificação, uma vez que a diluída prévia em água ou o tempo de reação podem estar envolvidos. Outro aspecto refere-se à origem dos materiais trabalhados, o efeito do processamento na indústria, o armazenamento e transporte, ou mesmo equívocos ao reportar o tipo de material, se é cal virgem ( $\text{CaO}$ ), que normalmente não se encontra facilmente no comércio, a não ser

em regiões onde há produção de cal, ou se é a cal hidratada ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) que está disponível nas lojas de materiais de construção. Em função da maior disponibilidade, esta última opção para os pequenos produtores leva vantagem em relação à cal virgem.

Os resultados observados com a autoclavagem certamente podem ser replicados em equipamentos de extrusão, já que usam o mesmo princípio (temperatura, pressão e umidade), ao que parece é uma questão apenas de acertar os parâmetros. Esta deve ser uma alternativa para indústria, especialmente quando associada a agentes alcalinizantes para maior garantia da destoxificação, a exemplo do que se faz na Índia, onde o co-produto permanece por 24h imerso em tanques com calcário e água e em seguida passam ainda pelo processo de extrusão para garantir a destoxificação, sendo que o controle de qualidade naquele país é feito por hemaglutinação de hemáceas de aves (Severino et al., 2006).

### **3. Viabilidade dos co-produtos do dendê na alimentação animal**

A torta de dendê é um alimento relativamente pobre em proteína bruta (13,87%PB) e com alta concentração de fibra (>79%). Esta composição é compatível com aquela apresentada por forrageiras como o capim-tifton (*Cynodon spp.*). Portanto, este co-produto deve ser usado como alimento alternativo ao volumoso da dieta animal. Apesar disto, pela alta digestibilidade da sua fibra e alta concentração de óleo (8,54%) apresenta bom conteúdo de energia (Bomfim et al., 2007).

Em termos de pesquisa, não houve incrementos significativos deste a revisão feita por Bomfim et al. (2007). Os trabalhos publicados relatam pequenos efeitos sobre o peso da perna e da paleta de cordeiros, sem alteração da composição tecidual até o nível de 21% da matéria seca de torta de dendê adicionado ao concentrado, durante 70 dias de confinamento (Macome et al., 2008a, Macome et al., 2008b). No mesmo trabalho também não foram observados qualquer alteração em indicadores de função hepática (ALT, AST e Bilirrubina) nos animais consumindo até 21% da matéria seca do concentrado de torta de dendê (Nunes et al., 2008).

### **4. Viabilidade dos co-produtos do pinhão manso na alimentação de ruminantes**

O pinhão manso tem sido cogitado como uma alternativa para a produção de biodiesel no Nordeste em função das características agrônomicas, relacionadas, principalmente, à tolerância à seca, bem como ao conteúdo de óleo nas sementes. No entanto, ainda há muito trabalho no sentido de desenvolver sistemas de produção para esta cultura. Do ponto de vista da alimentação de ruminantes, da mesma forma que a mamona, existe limitações relacionadas à toxicidade para uso das folhas e das sementes (e seus co-produtos).

As folhas de pinhão da espécie *Jatropha gossypifolia* são letais para ovinos em uma única administração de 40g/kg de peso vivo, com evolução clínica de 6 a 22 dias, com quadro caracterizado por distúrbios digestivos, pulmonares e cardíacos (Oliveira et al., 2008). No caso do pinhão manso (*Jatropha curcas*) vários experimentos já demonstraram a intoxicação com sementes em caprinos, ovinos e bezerros (Ahmed & Adam, 1979a,b, Adam & Magzoub, 1975). Os principais sintomas incluem diarreia, hemorragias no rúmen, retículo, pulmões, rins e coração. Congestão e edema pulmonares e líquido seroso nas cavidades. A dose letal para caprinos pode ser tão pequena quanto 1g/kg de peso vivo.



Os compostos tóxicos mais importantes já identificados nas sementes incluem curcina (lectina) e 12-deoxil-16-hydroxiphorbol (phorbolsteres) (Aregherore et al., 1998, 2003).

O desafio da destoxificação dos co-produtos do pinhão manso parece ser maior que aqueles relacionados com a mamona. A lectina é facilmente inativada pelo aquecimento do farelo úmido (66% de umidade) durante 30 minutos a 100°C (Aregherore et al., 1998), mas não se pode destruir os phorbolsteres utilizando o mesmo princípio, isto porque são estáveis em altas temperaturas, podendo permanecer inalterados mesmo após aquecimento por 160°C durante 30 minutos. Entretanto tem-se demonstrado uma redução na sua concentração com o uso de tratamentos químicos (Aregherore et al., 2003).

Contudo, a eficiência destes tratamentos ainda não tem sido a esperada, mesmo com estratégias combinadas. A avaliação de tratamentos usando autoclavagem + hidróxido de sódio + hipoclorito de sódio; autoclavagem + hidróxido de sódio + lavagem com água destilada 3x; autoclavagem + hidróxido de sódio + lavagem com metanol 4x, demonstraram que apenas aquele com solução de 4% de hidróxido de sódio, seguido por quatro lavagens com metanol foi capaz de reduzir a concentração de phorbolsteres a um nível tolerável em ratos, de 0,09% (1,78% no farelo não tratado). No entanto os autores comentam que as dietas finais ficaram com odor forte de hidróxido de sódio o que afetou a aceitação pelos animais. Apesar do êxito os próprios autores concordam que há também dificuldade de viabilizar economicamente este tratamento (Aregheore et al., 2003).

Uma alternativa pode ser o trabalho de melhoramento. De 18 amostras coletadas em vários países, não foram detectados níveis de phorbolsteres em amostras coletadas no México. Nas outras os níveis de phorbolsteres variaram de 0,87 a 3,32%. Isto indica que podem ser conduzidos trabalhos de melhoramento na área. Também foi observada grande variação na atividade da lectina entre as amostras avaliadas (Makkar et al., 1997).

Apesar de ainda estarem muito incipientes os trabalhos com pinhão manso, já estão sendo publicados os primeiros trabalhos avaliando sua composição e, de uma forma geral, os resultados tem sido bons. O farelo demonstrou uma alta degradação efetiva (DE) da matéria seca e da proteína (ambos 87%, a 5%/h), confirmando o potencial nutritivo deste alimento (Pereira et al., 2008), enquanto que as folhas apresentaram uma DE de 77 e 37% para MS e FDN, respectivamente (Menezes et al., 2008).

Também foram avaliadas a inclusão de torta de pinhão manso como aditivos de silagem em três níveis: 3, 6 e 9%. Embora tenha se observado um aumento no teor de matéria seca e proteína da silagem (van Cleef et al., 2008b), tanto o pH quanto os níveis de N-NH<sub>3</sub> foram considerados inadequados. Além disto, não há segurança de que estes níveis possam ser seguros no que se refere à toxicidade deste material (van Cleef et al., 2008a). A respeito destes trabalhos, deve ser mencionado o alto teor de extrato etéreo nestas tortas trabalhadas, que foi de 27,4%, o que pode ter influenciado nos resultados, além do que não se espera este teor de EE nos materiais que estarão disponíveis após a extração do óleo.

## **5. Custo relativo máximo ( $CR_{max}$ ) estimado para co-produtos do biodiesel na alimentação de ruminantes.**

As questões sobre o custo das matérias-primas é um tema recorrente. Quanto se pode pagar pelo kg do co-produto sem afetar a viabilidade econômica? Esta não é uma

pergunta que tem uma resposta simples, uma vez que vários fatores estão envolvidos na composição dos custos como os custos da indústria, do transporte, do armazenamento, as margens de lucro, relação oferta/demanda, entre outras. Do ponto de vista do produtor, o mais comum entre os técnicos é de recomendar que se faça o custo relativo à composição em matéria seca e nutrientes da fonte. Ou seja, no caso de um alimento protéico, se utilizaria o custo por kg de proteína por exemplo. Embora possa ser mais coerente que o custo/kg de matéria seca ou natural, esta medida não leva em consideração o aproveitamento do nutriente nem tampouco outros limitantes que possam estar incluídos, como alto nível de fibra ou fatores anti-nutricionais, e que podem afetar a produção.

Seria muito mais coerente levar em consideração a qualidade do co-produto medida como desempenho animal em relação aos alimentos ou dietas tradicionais na decisão de quanto vale o kg do co-produto. Aqui apresentamos uma proposta e dentro dela chamamos este índice como desempenho relativo (DR), que seria medido como:

$$DR = \frac{\text{Desempenho observado em cada nível de substituição do controle}}{\text{Desempenho observado no tratamento com dieta/alimento controle}} \times 100$$

A partir deste dado, pode-se calcular um custo relativo máximo ( $CR_{max}$ ) dos co-produtos que, na prática, representa o custo máximo que se pode pagar pela fonte em relação ao alimento padrão, levando em consideração o ganho/perda em desempenho observado.

$$CR_{max} = \frac{\text{Custo da dieta/alimento controle (R\$/kg)} \times DR \text{ em cada nível}}{100}$$

A seguir são apresentados os  $CR_{max}$  para a torta de babaçu, de dendê, para a farelo e a casca de mamona. Logicamente esta proposta pode ser melhorada incluindo-se outras variáveis ou explorando mais os recursos matemáticos.

Para o cálculo do  $CR_{max}$  da torta de babaçu para a terminação de ovinos, as estimativas foram feitas baseadas no trabalho de Xenofontes (2006). Neste trabalho a torta de babaçu substituiu o concentrado das dietas em três níveis (10, 20 e 30%) que, para efeito do cálculo, está sendo estimado em R\$ 0,70. Conforme pode ser observado, a inclusão de até 30% de torta de babaçu reduziu de forma linear o ganho médio diário destes animais (Tabela 1). Em relação à dieta controle, o DR estimado foi de 82, 44 e 25% para cada nível estudado (10, 20 e 30%). A partir do cálculo do  $CR_{max}$ , poder-se-ia dizer que a torta de babaçu para terminação de ovinos em substituição de 10% do concentrado deveria custar no máximo R\$ 0,58/kg. No entanto, quando substitui 30% do concentrado, o custo máximo não pode passar de R\$ 0,18/kg, para compensar a redução no desempenho, que conseqüentemente reduzirá o ingresso de capital. Estas estimativas podem servir de direcionamento para a tomada de decisão, mas devem ser acompanhada de outras características importantes como efeito sobre a qualidade do produto, tempo de confinamento e outros.

Tabela 1 - Custo relativo máximo ( $CR_{max}$ ) da torta de babaçu para terminação de ovinos

Variável	Níveis de substituição do concentrado (%)			
	0	10	20	30
Ganho médio diário (GMD, g/dia)	195,83	161,25	87,08	49,75
Desempenho relativo (DR, %) <sup>1</sup>	100,00	82,00	44,00	25,00
Custo relativo máximo ( $CR_{max}$ , R\$) <sup>2</sup>	0,7	0,58	0,31	0,18

<sup>1</sup>GMD em cada nível/GMD controle; <sup>2</sup>custo do alimento ou dieta controle(R\$/kg) x DR% em cada nível

Para a torta de dendê, foram feitas as estimativas baseadas nos dados de Silva et al. (2006) para cabras leiteiras. O co-produto foi usado em substituição ao concentrado que neste trabalho foi orçado em R\$ 0,70/kg. Como pode ser observado, o custo da torta de dendê, até o nível de inclusão estudado, apresentou uma variação menor que aquela observada para a torta de babaçu em função do maior DR observado para esta fonte. Foram estimados para este alimento  $CR_{max}$  de 0,69 a 0,67 R\$/kg para os níveis de inclusão de 15 e 30%, respectivamente.

Tabela 2 - Custo relativo máximo ( $CR_{max}$ ) da torta de dendê para produção de leite de cabra

Variável	Níveis de substituição do concentrado (%)		
	0	15	30
Produção de leite (PL, g/dia)	1759	1738	1682
Desempenho relativo (DR, %) <sup>1</sup>	100,00	98,81	95,62
Custo relativo máximo ( $CR_{max}$ , R\$) <sup>2</sup>	0,7	0,69	0,67

<sup>1</sup>PL em cada nível/PL controle; <sup>2</sup>custo do alimento ou dieta controle(R\$/kg) x DR% em cada nível

Para o farelo de mamona foram utilizados os dados obtidos por Cândido et al. (2008). Neste trabalho o farelo de soja foi substituído pelo farelo de mamona autoclavado (15psi por 60 min.) em até 100%. Os dados de ganho de peso diário não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. O  $CR_{max}$  para o farelo de mamona autoclavado ficou em média, para os três níveis de inclusão, em R\$ 0,86/kg, similar ao custo estimado para a soja de R\$ 0,80. Isto se deveu ao alto valor nutritivo do farelo de mamona autoclavado que substituiu toda a soja da dieta sem qualquer prejuízo ao desempenho dos animais.

Tabela 3 - Custo relativo máximo ( $CR_{max}$ ) da torta de mamona para terminação de ovinos

Variável	Níveis de substituição do concentrado (%)			
	0	10	20	30
Ganho médio diário (GMD, g/dia)	188	217	204	185
Desempenho relativo (DR, %) <sup>1</sup>	100,00	115,43	108,51	98,40
Custo relativo máximo ( $CR_{max}$ , R\$) <sup>2</sup>	0,8	0,92	0,87	0,79

<sup>1</sup>GMD em cada nível/GMD controle; <sup>2</sup>custo do alimento ou dieta controle(R\$/kg) x DR% em cada nível

No terceiro exemplo, a estimativa do  $CR_{max}$  foi feita para a casca de mamona, baseada nos dados obtidos por Santos et al. (2007) que avaliou a substituição do feno de capim-tifton pela casca de mamona 5%<sup>4</sup>, em 4 níveis (0, 33, 66 e 100%), para cabras leiteiras. Foram obtidas estimativas de  $CR_{max}$  de R\$/kg 0,44, 0,35 e 0,37, para os níveis de 33, 66 e 100% de substituição do feno de tifton. O valor do feno de capim-tifton para este trabalho foi estimado em R\$ 0,50/kg.

<sup>4</sup> Casca de mamona com 5% de fragmentos de amêndoas

Tabela 4 - Custo relativo máximo (CR<sub>max</sub>) da casca de mamona para produção do leite de cabra

Variável	Níveis de substituição do concentrado (%)			
	0	33	66	100
Produção de leite (PL, g/dia)	1050	933	743	767
Desempenho relativo (DR, %) <sup>1</sup>	100,00	88,86	70,76	73,05
Custo relativo máximo (CR <sub>max</sub> , R\$) <sup>2</sup>	0,50	0,44	0,35	0,37

<sup>1</sup>PL em cada nível/PL controle; <sup>2</sup>custo do alimento ou dieta controle(R\$/kg) x DR% em cada nível

No caso da casca de mamona outra variável que pode influenciar de forma significativa o custo é a densidade do material. O fato de ter uma densidade baixa aumenta o custo com o transporte e pode inviabilizar o uso em propriedades localizadas longe do local onde a mamona está sendo descascada. Este fato tem sido responsável pelo uso restrito à circunvizinhança observada com o bagaço de cana, cuja opção foi a reintrodução no sistema como fonte de energia para as fábricas, o que não está descartada também para a casca de mamona. Há inclusive grupos em Pernambuco trabalhando a produção de briquetes de casca de mamona para serem utilizados como fonte de energia.

Sobre este aspecto, um cálculo teórico do custo de transporte da casca de mamona é apresentado em seguida. Nele utilizou-se a densidade da casca calculada, que foi de 0,384g/cm<sup>3</sup>, utilizando como transporte um caminhão basculante de dois eixos (toco) com capacidade para 10m<sup>3</sup> e o custo de transporte estimado pelo DECOPE/NCT&LOGÍSTICA ([www.cgimoveis.com.br/logistica/documento.2008-06-09.9009047099/at\\_download/arquivo](http://www.cgimoveis.com.br/logistica/documento.2008-06-09.9009047099/at_download/arquivo)) para distâncias de 50, 400, 800, 2400 e 4000 km. Os resultados são apresentados na tabela 5.

Tabela 5 - Estimativa do custo do transporte da casca de mamona

Distância (km)	Frete (R\$)	Casca <sup>1</sup> (kg)	Custo transporte (R\$/kg de casca)	CR <sub>max</sub> <sup>2</sup>	Preço máx. na indústria <sup>3</sup> (R\$)	Custo transporte (% do preço na ind.)
50	45,06	3.840	0,01	0,39	0,38	3,10
400	124,25	3.840	0,03	0,39	0,36	9,05
800	226,89	3.840	0,06	0,39	0,33	17,86
2400	614,45	3.840	0,16	0,39	0,23	69,57
4000	1052,00	3.840	0,27	0,39	0,12	236,09

<sup>1</sup>quantidade de casca transportada; <sup>2</sup>CR<sub>max</sub> médio estimado com dados da tabela 4; <sup>3</sup>(CR<sub>mas</sub> – custo do transporte).

Estes valores podem mudar de acordo com valores regionais de frete, capacidade do caminhão, processamento da casca, taxas e pedágios ou mesmo pela participação de intermediários na cadeia, mas o cálculo pode servir de base para algumas estimativas.

Como era esperado, com o aumento da distância percorrida há uma elevação significativa da participação do custo do transporte. Para se ter uma idéia, segundo dados do Centro de Inteligência da Soja ([www.cisoja.com.br](http://www.cisoja.com.br)) o valor do frete do farelo de soja (U\$70/ton.), que tem um valor agregado muito maior, corresponde a 18% do preço da soja na indústria do Centro-Oeste. Este produto chega ao Nordeste a um valor que pode atingir 1,00/kg. No caso da casca, para as simulações feitas, 800 km já estaria em um limite próximo ao custo da soja, o que poderia não ser sustentável uma vez que a qualidade do material é muito inferior. De qualquer forma ainda é muito precoce para se especular sobre a cotação para estes produtos com segurança, pois ainda tem-se que esperar pelo desenvolvimento da cadeia e as relações de custos, oferta e demanda entre outros.

## 6. Considerações finais

O desenvolvimento da cadeia de biocombustíveis é importante para a produção de ruminantes no Nordeste, contudo a viabilidade vai depender de fatores relacionados ao componente agrícola e tecnológico da produção de biodiesel.

Do ponto de vista dos co-produtos, o farelo de mamona talvez seja o de maior potencial de utilização dado o seu alto valor nutritivo mas, apesar dos avanços recentes, mais pesquisas ainda devem ser realizadas para o desenvolvimento de métodos de identificação e destoxificação da ricina em escala industrial bem como para pequenos produtores.

Há necessidade de maior investimento em pesquisas relacionadas à melhoria da qualidade nutricional da torta de dendê que permita sua utilização em maior escala nas dietas de animais ruminantes.

A identificação e destoxificação dos co-produtos do pinhão manso ainda necessitam de mais investimento da pesquisa embora a estruturação da cadeia ainda esteja em um estágio inicial.

A abordagem multidisciplinar deve ser estimulada, associando grupos de toxicologia, tecnologia dos produtos e nutricionistas humanos àqueles profissionais que militam na produção animal, notadamente os nutricionistas animais para avaliações mais acuradas sobre o uso destes co-produtos e a eficácia dos métodos de destoxificação.

## Referências bibliográficas

- ADAM S.E.I., MAGZOUB M. Toxicity of *Jatropha curcas* for goats. *Toxicology* 4:347-354. 1975
- AFONSO, E., POTT, A. Plantas no Pantanal tóxicas para bovinos. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 32-33, 2001.
- AHMED O.M.M., ADAM S.E.I. Toxicity of *Jatropha curcas* in sheep and goats. *Res. Vet. Sci.* 27:89-96. 1979b.
- AHMED, O.M.M., ADAM S.E.I. Effects of *Jatropha curcas* on calves. *Vet. Pathol.* 16:476-482. 1979a
- 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***, 120, p. 159-168, 2005.
- AREGHEORE, E.M., BECKER, K., MAKKAR, H.P.S Detoxification of a toxic variety of *Jatropha curcas* using heat and chemical treatments, and preliminary nutritional evaluation with rats. *S. Pac. J. Nat. Sc.*, 21:50-56, 2003.
- AREGHEORE, E.M., MAKKAR, H.P.S., BECKER, K. Assessment of lectin activity in a toxic and a non-toxic variety of *Jatropha curcas* using latex agglutination and haemagglutination methods and inactivation of lectin by heat treatments. *J. Sci. Food Agric.* 77:349-352, 1998.
- BOMFIM, M.A.D., SILVA, M.M.C., SANTOS, S.F.S. Potencialidades da utilização dos subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. In: In : III Simpósio Internacional sobre caprinos e ovinos de corte, 3, 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa.
- BOMFIM, M.A.D.; SEVERINO, L. S.; CAVALCANTE, A. C. R. et al. Avaliação da casca de mamona na alimentação animal de ovinos. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 4, Petrolina, 2006. **Anais...** Petrolina:

- Sociedade Nordestina de Produção Animal; Embrapa Semi-Árido, 2006 (CD-ROM).
- CÂNDIDO, M.J.D., BOMFIM, M.A.D, SEVERINO, L.S., OLIVEIRA, S.Z. de. Utilização de co-produtos da mamona na alimentação animal. Painel 1. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- CÂNDIDO, M.J.D.,VIEIRA, M.M.M., BOMFIM, M.A.D. et al. Características da carcaça de ovinos alimentados com dietas contendo quatro níveis de farelo de mamona. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008<sup>a</sup>.
- CÂNDIDO, M.J.D.,VIEIRA, M.M.M., BOMFIM, M.A.D. et al. Consumo e desempenho de ovinos alimentados com dietas contendo quatro níveis de farelo de mamona. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008b.
- CARVALHO, E.M., PEREIRA, M.L.A, ALMEIDA, P.J.P. et al. Torta de dendê (*Elaeis guineensis*, Jacq.) em substituição ao feno de Tifton 85 (*Cynodon dactylon* spp.) na alimentação de ovinos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 27, Londrina, 2007a, **Anais...** Universidade Estadual de Londrina, 2007 (CD ROM).
- CHUMPAWADEE, S., SOMMART, K., VONGPRALUB, T. et al. Nutritional evaluation of non forage high fibrous tropical feeds for ruminant using *in vitro* gas production technique. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.4, p.298-303, 2005.
- CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Indicadores Agropecuários**. Disponível: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 04/09/2008.
- CRESPO NETO, H.A., OLIVEIRA, N.D. DE., MACHADO, O.L.T. Avaliação dos teores de ricina e de proteases envolvidas no processamento desta toxina e a desativação de epitopos alergênicos presentes em torta de mamona (*Ricinus communis* L.). In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- DEMANT, C.A.R., AULD, D., SAN FRANCISCO, M. et al. Desenvolvimento de um bioensaio para quantificar ricina em sementes de mamona para fins de melhoramento. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- ECONOMIDES, S. The nutritive value of sunflower meal and its effect on replacing cereal straw in the diets of lactating ewes and goats. **Livestock Production Science**, v.65, p.89-97, 1998.
- EVANGELISTA, A.R.; ABREU, J.G.; PERON, A.J. et al. Avaliação da composição química de tortas de mamona e amendoim obtidas por diferentes métodos de extração de óleo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA,1, 2004, Campina Grande. Disponível em: [http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos\\_cbm1/158](http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/mamona/publicacoes/trabalhos_cbm1/158). PDF. Acessado em: 03 de outubro de 2007.
- FREITAS, S.C. DE., ANTONIASSI, R., OLIVEIRA, L.A.A., et al. Composição de farelo desengordurado de variedades de mamona cultivadas no município de Itaocara, estado do Rio de Janeiro. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- FURTADO, R.F., DUTRA, R.A.F., ALVES, C.R. et al. Produção de anticorpos policlonais anti-ricina. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- GARDNER, H.K., D'AQUIM, E.L., KOLTUN, S.P. Detoxification and deallergenization of castor beans. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 37:1960.
- GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B. et al. Degradação ruminal da matéria seca e da proteína bruta de alimentos concentrados utilizados como suplementos para novilhos. **Ciência e Agrotécnica**, v.28, p.167-173, 2004.

- GOES, R.H.T.B.; MANCIO, A.B.; LANA, R.P. et al. Degradação ruminal da matéria seca e proteína bruta de alguns alimentos em novilhos da raça nelore. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37, Viçosa, 2000, **Anais...** Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2000 (CD ROM).
- IRSHAID, R.H.; HARB, M.Y.; TITI, H.H. Replacing soybean meal with sunflower seed meal in the ration of Awassi ewes and lambs. **Small Ruminant Research**, v.50, p. 109-116, 2003.
- LIMA, M.R., SILVA, V.P.A. DA., FURTADO, R.F. et al. Purificação de ricina a partir de saturação com sulfato de amônio. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- LIMA, P.E.R. O biodiesel no Brasil e no Mundo e o Potencial do Estado da Paraíba. Brasília: Câmara dos Deputados, 2007.
- LOUVANDINI, H.; NUNES, G.A.; GARCIA, J.A.S. Desempenho, características de carcaça e constituintes corporais de ovinos santa inês alimentados com farelo de girassol em substituição ao farelo de soja na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.3, p.603-609, 2007.
- MACHADO, O.L.T. Torta de mamona: Avanços no aproveitamento como alimento animal e seu manuseio seguro. Painel 1. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- MACOME, F.M., OLIVEIRA, R.L., BALGADO, A.R. et al. Musculosidade e composição da perna de cordeiros submetidos a dietas com níveis de torta de dendê (palmiste). In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008a.
- MACOME, F.M., OLIVEIRA, R.L., CARDOSO NETO, B. et al. Cortes da carcaça de cordeiros submetidos a dietas com níveis de torta de dendê (*palmiste*). In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008b.
- MAIA, M.O., QUEIROGA, R.C.R.E., MEDEIROS, A.N. et al. Produção de composição química do leite de cabras mestiças moxotó suplementadas com óleo de licuri ou mamona. In : III Simpósio Internacional sobre caprinos e ovinos de corte, 3, 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa.
- MAKKAR, H.P.S., BECKER, K., SPORER, F., WINK, M. Studies on native potential and toxic constituents of different provenances of *Jatropha curcas*. *J. Agric. Food Chem.* 45:3152-3157, 1997.
- MELO, W.C., SANTOS, A.S. DOS., 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. *J. Braz. Chem. Soc.* 19:418-425, 2008a.
- MELO, W.C., SILVA, D.B. DA., PEREIRA JR., N. Produção de etanol a partir de torta de mamona (*Ricinus communis* L.) e avaliação da letalidade da torta hidrolisada para camundongos. *Quim. Nova*, 31:1104-1106, 2008b.
- MENDES, R.A. Diagnóstico, Análise de Governança e Proposição de Gestão para a Cadeia Produtiva do Biodiesel da Mamona (CP/BDM): o Caso do Ceará. 2005. 5p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de transportes). Universidade Federal do Ceará-UFC.
- MENEZES, D.R., PEREIRA, L.G.R., et al. Degradabilidade ruminal do feno de mamona, pinhão manso e maniçoba. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008.

- MILANI, M. Melhoria da mamona na Embrapa Algodão. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- MONTEIRO, C.Z. DE A. Desafios e oportunidades para a utilização do biodiesel de mamona na visão da ANP. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- NUNES, A.S.N., OLIVEIRA, R.L., AYRES, M.C.C. et al. Indicadores de função hepática em ovinos alimentados com dietas com níveis de torta de dendê (Palmiste). In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008.
- OLIVEIRA, L.I., FLÁVIA, F.J., NOGUEIRA, V.A. et al. Intoxicação experimental com folhas de *Jatropha gossypifolia* (Euphorbiaceae) em ovinos. *Pesq. Vet. Bras.* 28:275-278, 2008.
- PEREIRA, L.G.R., MENEZES, D.R., ARAÚJO, G.G.L. et al. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e proteína bruta de co-produtos do biodiesel. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008.
- PEREIRA, R.A.G., MEDEIROS, A.N., QUEIROGA, R.C.R.E. et al. Aceitabilidade do leite de cabras moxotó alimentadas com dietas adicionadas de óleos vegetais. In: III Simpósio Internacional sobre caprinos e ovinos de corte, 3, 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa.
- QUEIROGA, V. DE P., SANTOS, R.F. dos. Levantamento dos principais problemas da produção de mamona em uma amostra dos produtores familiares do Nordeste. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- RIBEIRO, E.L. de A., SOUSA, C.L. de, PAIVA, F.H.P. de, et al. Desempenho de cordeiros alimentados com diferentes níveis de torta de nabo forrageiro em substituição ao farelo de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 27, Londrina, 2007, **Anais...** Universidade Estadual de Londrina, 2007 (CD ROM).
- SANTOS, S.F. dos, CANDIDO, M.J.D. BOMFIM, M.A.D. et al. Efeito da inclusão da casca de mamona sobre a produção e a composição físico-química do leite de cabra. III Simpósio Internacional sobre caprinos e ovinos de corte, 3, 2007, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa.
- SANTOS, S.F. DOS. Desempenho produtivo qualidade do leite de cabras leiteiras alimentadas com dietas contendo quatro níveis de casca de mamona. Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Universidade Federal do Ceará. 2008.
- SAVY FILHO, A., REGITANO NETO, A., KIIH, T.A.M. Estratégias de melhoramento genético da mamona. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- SEGUNDO SILVA, R.D. de M e S. Produção de biodiesel em pequena escala com aproveitamento de subprodutos. In: Congresso Brasileiro de Mamona, 3, Salvador-BA, 2008.
- SEVERINO, L.S., NOBREGA, M.B. de M., Gonçalves, N.P. et al. Viagem à Índia para prospecção de tecnologias sobre mamona e pinhão manso. Campina Grande, 2006 56p. (Embrapa Algodão. Documentos, 153).
- SILVA, H. G. O.; PIRES, A. J. V.; CUNHA NETO, P.A. et al. Digestibilidade de dietas contendo silagem de capim elefante amonizado e farelo de cacau ou torta de dendê em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.2, p.499-506, 2007.
- SILVA, H.G. de O., PIRES, A.J.V., SILVA, F.F. da, et al. Características físico-químicas e custo do leite de cabras alimentadas com farelo de cacau ou torta de dendê. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** V.58, p.116-123, 2006.



- SILVA, H.G. de O., PIRES, A.J.V., SILVA, F.F. da, et al. Digestibilidade de dietas contendo farelo de cacau ou torta de dendê em cabras lactantes. **Pesq. Agropec. Bras.** V.40, p.405-411, 2005.
- SLUSZZ, T. ; MACHADO, J. A. D. Características das potenciais culturas matérias-primas do biodiesel e sua adoção pela agricultura familiar. In: AGRENER GD 2006 - 6º Congresso Internacional sobre Geração Distribuída e Energia no Meio Rural, 2006, Campinas-SP. Anais AGRENER GD 2006. Campinas-SP : Unicamp, 2006. v. Unico. p. 01-10.
- TÁVORA, F. J. A. F. A cultura da mamona. Fortaleza: Empresa de Pesquisa Agropecuária do Ceará (EPACE), 1982. 111p.
- VALADARES FILHO, S.C.; MAGALHÃES, K.A.; ROCHA JÚNIOR, V.R.; CAPELLE, E.R. Tabelas de composição de alimentos para bovinos. 2.ed. Viçosa:UFV, DZO, 2006, 329 p.il.
- van CLEEF ET AL, E.H.C.B., Pardo, R.M. de., Neiva Júnior, A.P. et al. Características fermentativas de silagens de capim elefante contendo co-produtos do biodiesel como aditivos. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008a.
- van CLEEF ET AL, E.H.C.B., Pardo, R.M. de., Neiva Júnior, A.P. et al. Tortas de nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) e de pinhão manso (*Jatropha curcas*) como aditivos em silagens de capim elefante. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008b.
- VIEIRA, M. de M.; GIANFELICI, M. F.; KESSLER, A. de M. et al. Uso de glicerina proveniente da produção de biodiesel como fonte de energia para dietas de frangos de corte. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras-MG, 2008.
- XENOFONTE, A.R.B. Desempenho e características de carcaça em ovinos mestiços alimentados com diferentes níveis de farelo de babaçu (*Orbignea speciosa*, Barb-Rodr). Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2006. 55p.

Tabela 6 - Recomendações de níveis de inclusão (% e g/cab/dia) de co-produtos do biodiesel na dieta de caprinos e ovinos

Co-produto	Caprinos	Ovinos	Restrição
Torta de algodão	---	4% da dieta de confinamento (45g/cab/dia)	Substâncias bociogênicas Nível de gossipol
Torta de dendê	Produção de leite – até 30% de inclusão no concentrado. ----- ---	Carneiros – 45% de substituição do volumoso Carneiros – até 15% de substituição do volumoso. Cordeiros – 30% de substituição do volumoso  Terminação – até 21% de inclusão no concentrado	Alto nível de fibra
Torta de nabo forrageiro	---	Terminação – até 15% de substituição do farelo de soja (4,1% da dieta, 31g/dia)	Alto teor de óleo
Farelo de coco	---	Carneiros adultos – 25% da dieta (77g/cab/dia)	Alto teor de óleo e fibra
Farelo de babaçu	---	Terminação – 10% da dieta (97g/dia)	Alto nível de fibra
Farelo de girassol	---	4% da dieta de confinamento (44g/cab/dia)	Alto teor de fibra e lignina
Farelo de canola	Baixa qualidade – 15% do concentrado ----- Alta qualidade – 45% do concentrado	Terminação – 8% da dieta (13% do concentrado)	Substâncias bociogênicas  Substâncias bociogênicas
Farelo de mamona tratado com (CaOH) <sub>2</sub> <sup>1</sup>		Carneiros adultos (manutenção) - substituição de até 100% do farelo de soja	Rínica?
Farelo de mamona autoclavado <sup>2</sup>		Terminação – substituição de até 100% do farelo soja	Rícina?
Casca de mamona	Produção de leite – até 33% de substituição do feno de Capim-Tifton.	---	Presença de fragmentos de amêndoas
Farelo de amendoim	0,5% do peso vivo em pastagem (100g/cab/dia)	4% da dieta de confinamento (45g/cab/dia)	Presença de aflatoxina Substâncias bociogênicas
Casca de Soja	Terminação – 26% da dieta, 100% subst. Do milho (191g/cab/dia)	Terminação – 21% da dieta com alto concentrado (227g/cab/dia) Ovelhas – até 25% de subst. Do feno de capim-tifton (12,5% da dieta (149g/cab/dia))	Alto teor de fibra e baixo conteúdo de proteína

<sup>1</sup>40g/kg; <sup>2</sup>15psi, 60 min

Tabela 7 - Composição químico-bromatológica de co-produtos do biodiesel com potencial para a alimentação de caprinos e ovinos (Base MS)

Alimento	MS (%)	PB (%)	N-FDA (%do N total)	CINZAS (%)	EE (%)	FDN (%)	LIG (%)	CNF (%)	MO (%)	DMS (%)	DPB (% da PB)	NDT (%)
Torta de Algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.) <sup>1</sup>	89,01	33,83	1,01	5,07	9,67	55,7	-	6,64	94,9	46,9	-	50,9
Farelo de Algodão ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.) <sup>1</sup>	89,80	32,72	1,52	5,37	1,34	33,42	6,60	31,8	93,94	65,18	88,80	67,77
Torta de dendê ( <i>Elaeis guineensis</i> ) <sup>2,3,9,11,14</sup>	89,81	13,87	17,25	3,96	8,54	79,86	11,41	3,58	95,86	60,66	-	77,61
Nabo forrageiro ( <i>Raphanus sativus</i> L.) <sup>1,8</sup>	-	37,63	-	-	16,3	29,7	-	-	-	-	-	79,5
Farelo de gergelim ( <i>Sesamum indicum</i> L.) <sup>1</sup>	-	30,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Farelo de coco ( <i>Cocos musiferae</i> ) <sup>1</sup>	89,64	23,38	-	6,29	9,36	50,3	-	45,1	94,7	-	-	60,4
Farelo de Babaçu ( <i>Orbignea speciosa</i> Barb-Rodr) <sup>1</sup>	89,62	20,68	13,54	6,22	2,03	78,5	3,89	1,83	93,6	48,5	75,4	49,4
Torta de Babaçu ( <i>Orbignea speciosa</i> Barb-Rodr) <sup>1</sup>	91,44	17,51	-	5,82	-	70,9	-	-	92	41,7	-	-
Farelo de Girassol ( <i>Helianthus annuus</i> L.) <sup>4,5,6,7</sup>	90,71	28,26	-	6,40	1,52	41,57	11,50	7,20	94,40	56,60	83,80	-
Farelo de canola ( <i>Brassica napus</i> ) <sup>1</sup>	90,14	40,01	-	6,51	1,32	30,7	4,92	44,1	93,9	-	-	-
Farelo de mamona ( <i>Ricinus communis</i> ) <sup>1,15,16,22</sup>	89,58	37,51	8,14	6,16	2,21	51,7	29,8	23,8	86,2	-	-	57
Torta de mamona ( <i>Ricinus communis</i> ) <sup>12,20</sup>	-	34,72	-	7,21	7,56	51,9	-	-	-	-	-	-
Casca de mamona 13% amêndoa <sup>17</sup>	93,3	8,75	2,06	-	15,48	43,89	6,60	-	-	-	-	73,2
Casca de mamona 5% de amêndoa <sup>18</sup>	-	5,30	-	-	2,20	77,00	-	-	-	-	-	-
Farelo de amendoim ( <i>Arachis hypogea</i> ) <sup>1,10,13</sup>	91,18	53,28	-	6,34	0,32	13,87	-	-	93,66	-	-	-
Torta de amendoim ( <i>Arachis hypogea</i> ) <sup>12</sup>	-	36,45	-	2,95	44	15,2	-	-	-	-	-	-
Casca de soja ( <i>Glicine max</i> L.) <sup>1</sup>	89,9	11,65	7,34	4,34	1,6	68,4	3,43	13,2	94,5	68,7	42	68,8
Feno de folhas de Pinhão Manso ( <i>Jatropha curcas</i> ) <sup>19</sup>	91,8	10,3	-	14,9	-	33,1	-	-	-	-	-	-
Torta de pinhão manso <sup>21</sup>	92,96	17,44	-	-	27,54	-	-	-	-	-	-	-
Feno de folhas de mamona ( <i>Ricinus communis</i> ) <sup>19</sup>	91,5	18,5	-	8,05	-	27,5	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup>Valadares Filho et al. (2006); <sup>2</sup>Silva et al. (2005); <sup>3</sup>Silva et al. (2007); <sup>4</sup>Mendes et al. (2005); <sup>5</sup>Louvandini et al. (2007); <sup>6</sup>Irshaid et al. (2003); <sup>7</sup>Economides (1998); <sup>8</sup>Ribeiro et al. (2007);

<sup>9</sup>Carvalho et al. (2007a); <sup>10</sup>Goes et al. (2000); <sup>11</sup>Silva et al. (2004); <sup>12</sup>Evangelista et al. (2004); <sup>13</sup>Goes et al. (2004); <sup>14</sup>Chumpawadee et al. (2005); <sup>15</sup>Vieira (dados não publicados); <sup>16</sup>Sousa et al., 2006); <sup>17</sup>Bomfim et al., 2006; <sup>18</sup>Santos (2008); <sup>19</sup>Menezes et al. (2008); <sup>20</sup>Pereira et al. (2008); <sup>21</sup>van Cleef et al. (2008b); <sup>22</sup>Freitas et al. (2008)