

ALTERNATIVAS DE USO DE SUBPRODUTOS DA CADEIA DO BIODIESEL NA ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES: GLICERINA BRUTA

[An alternative use of bio-diesel sub-products as feed ingredients for ruminants: the crude glycerin]

Fabiana Vinhas Rodrigues^{1*}, Davide Rondina²

¹ Médica Veterinária, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

² Laboratório de Nutrição e Produção de Ruminantes, Faculdade de Veterinária, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

RESUMO - A busca por novas fontes de energia renováveis tem aumentado a produção de biodiesel em todo o mundo. No entanto, esse aumento tem gerado uma grande produção de resíduos na cadeia do biodiesel e estes ainda não apresentam destino certo, tornando-se um grande entrave em sua viabilidade econômica e ambiental. Os principais resíduos são obtidos após a extração do óleo de sementes oleaginosas (tortas e farelos) e após o processo de conversão de triglicerídeos em biodiesel por meio de transesterificação (glicerina bruta), os quais representam mais de 50% da massa inicial de sementes utilizada na cadeia agroindustrial. Diante disso, a utilização desses resíduos na alimentação animal tem se mostrado uma alternativa viável. Entretanto, estudos precisam ser realizados quanto aos limites e as perspectivas de utilização na alimentação animal.

Palavras-Chave: Biodiesel, Glicerina bruta, Ruminantes, Subprodutos.

ABSTRACT - The search for new sources of renewable energy has increased bio-diesel production worldwide. However, this increase has caused a great production of residues in the bio-diesel industry and they still do not have an established exploitation, becoming a major impediment in its economic and environmental viability. The bio-diesel residues are obtained after extracting the oil from oilseeds (cake and meals) and after the process of conversion of triglycerides into biodiesel through trans-esterification (crude glycerin), which represent over 50% of the initial mass of seed used in the industry. Therefore, the use of these residues in animal feed has proved a viable alternative. However, there is a lack of studies regarding the limits and prospects for use in animal feed.

Keywords: Bio-diesel, Crude Glycerin, Ruminants, Sub-products.

INTRODUÇÃO

A energia tornou-se, no cenário atual, um fator fundamental para o desenvolvimento dos países, haja vista a dependência no emprego de tecnologias promotoras do desenvolvimento socioeconômico local. A utilização de fontes alternativas de energia é uma das grandes prioridades atuais, que vem contribuir significativamente para contornar os graves problemas ocasionados pelo desenvolvimento tecnológico. A preocupação atual pela redução da poluição e a crise energética têm estimulado o mercado mundial de biocombustíveis. A economia global mantém-se em crescimento e a demanda por

energia limpa e recursos renováveis encontra-se em contínuo aumento (IEA, 2012).

O Brasil tem se destacado no panorama mundial do biodiesel por sua grande diversidade em grãos, fontes de extração de óleo vegetal, e por sua extensa criação de bovinos, que fornecem gordura animal e sebo. Diante desse grande potencial produtivo, ao final do século XX, o Governo Federal intensificou as discussões sobre a produção e uso do biodiesel, sendo efetuados vários estudos por comissões interministeriais em parceria com universidades e centros de pesquisa, e muitas estratégias foram traçadas, dentre elas a criação do Programa Brasileiro de Desenvolvimento do Biodiesel

* Autor para correspondência: fabianavinhas@hotmail.com

(PROBIODIESEL), programa que visa a gradual substituição do diesel proveniente do petróleo pelo biodiesel (Brasil, 2005). O biodiesel tem se mostrado uma das formas mais eficientes de se diversificar a matriz energética. Dentre as principais vantagens de sua utilização podemos citar a sua contribuição para a conservação do meio ambiente, por meio da redução da emissão de gases que propiciam o efeito estufa. E ainda, por não apresentar enxofre em sua composição, sua queima não provoca emissão de óxidos de enxofre (SO₂ e SO₃), poluentes danosos à qualidade do ar e responsáveis pela chuva ácida (Lofrano, 2008; Mota et al, 2009).

A viabilização econômica e ambiental do uso do biodiesel em substituição gradual ao diesel de petróleo depende, dentre outros fatores, do aproveitamento dos coprodutos gerados na sua cadeia produtiva. Os principais coprodutos são obtidos após a extração do óleo de sementes oleaginosas (tortas e farelos) e após o processo de transesterificação (glicerina bruta), os quais em conjunto, representam mais de 50% da massa inicial de sementes utilizada na cadeia agroindustrial. Assim, faz-se necessário desenvolver formas de utilização destes produtos a fim de agregar renda à cadeia produtiva do biodiesel e minimizar impactos ambientais (Oliveira et al, 2010).

A utilização na alimentação animal apresenta-se como uma das opções para o aproveitamento econômico e em larga escala desses coprodutos, notadamente para animais ruminantes. A busca por alimentos alternativos e de baixo valor comercial, como os coprodutos da cadeia do biodiesel, representa uma forma de minimizar os gastos com alimentação animal, que representa um dos principais componentes do custo de produção, podendo oscilar entre 30 a 70% dos custos, dependendo da atividade e tipo de exploração (Cândido et al., 2008; Miotto et al., 2009; Ferreira et al. 2009; Rego et al., 2010). Dentre os vários fatores a serem considerados na escolha de um material a ser utilizado na alimentação de ruminantes, destacam-se os seguintes: a quantidade disponível; a proximidade entre a fonte produtora e o local de consumo; as suas características nutricionais; a presença de compostos tóxicos e/ou antinutricionais; e os custos de transporte, condicionamento e armazenagem (Burgi, 1992).

Além disso, estratégias nutricionais que atentam para combinações entre resíduos e a utilização de coprodutos da agroindústria, como alternativas para fundamentar a base alimentar de ruminantes, podem

contribuir de sobremaneira no controle dos poluentes ao meio ambiente, diminuir custos operacionais com a alimentação desses rebanhos (Lima, 2005), bem como, diminuir a pressão sobre o uso de cereais, disponibilizando-os para a população humana (Portugal, 2002). Esta revisão foi elaborada com o objetivo de discorrer sobre o panorama atual da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil, bem como as características do biodiesel e seus principais coprodutos, dando maior ênfase a glicerina bruta e sua utilização na alimentação animal e suas limitações.

PANORAMA ATUAL BRASILEIRO DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Em 2010, a capacidade nominal de produção de biodiesel foi de cerca de 5,8 milhões m³ (Figura 1). Entretanto, a produção efetiva do Brasil foi de aproximadamente 2,4 milhões m³, o que correspondeu a 41,1% da capacidade total. O óleo de soja continuou sendo a principal matéria-prima para a produção de biodiesel, sendo consumidos cerca de 2 milhões m³ ao longo de 2010 (Figura 2). A segunda matéria-prima no ranking de produção das usinas foi o sebo bovino, seguido pelo óleo de algodão. Em 2010, foram gerados 257,9 mil m³ de glicerina como subproduto na produção total de biodiesel do País. (ANP, 2011)

Segundo dados publicados no Boletim Mensal de Biodiesel da ANP, em janeiro de 2012, haviam 65 plantas produtoras de biodiesel autorizadas pela ANP para operação no País, correspondendo a uma capacidade total autorizada de 18.997,95 m³/dia. Destas 65 plantas, 61 possuem autorização para comercialização do biodiesel produzido, correspondendo a 18.050,25 m³/dia de capacidade autorizada para comercialização. Há ainda 10 novas plantas de biodiesel autorizadas para construção e 7 plantas de biodiesel autorizadas para ampliação de capacidade. Com a finalização das obras e posterior autorização para operação, a capacidade total autorizada poderá ser aumentada em 4.627,79 m³/dia.

Desde o início do Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel no ano de 2005, o óleo de soja é a principal matéria prima para produção de biodiesel. Em setembro de 2011, o óleo de soja respondeu por 71,13% do biodiesel, seguido pela gordura bovina (18,66%), óleo de algodão (4,69%) e demais fontes (5,52%). (ANP, 2012)

Todavia, há o interesse em desenvolver fontes alternativas de óleo vegetal para a produção de biodiesel a fim de reduzir a dependência pela soja,

que além de representar elevados rendimentos de óleo por unidade de superfície cultivada, gerem coprodutos com potencial uso na alimentação animal. O Governo Federal vem investindo em pesquisa e desenvolvimento do biodiesel, através da Empresa de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) facilitando financiamentos através do Programa

Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), que oferece financiamento para 90% do valor dos projetos voltados à produção do biocombustível.



Figura 1 – Capacidade nominal e produção de biodiesel por regiões (mil m³/ano) - 2010.

Fonte: ANP/SPP, conforme Resolução ANP nº 17/2004.

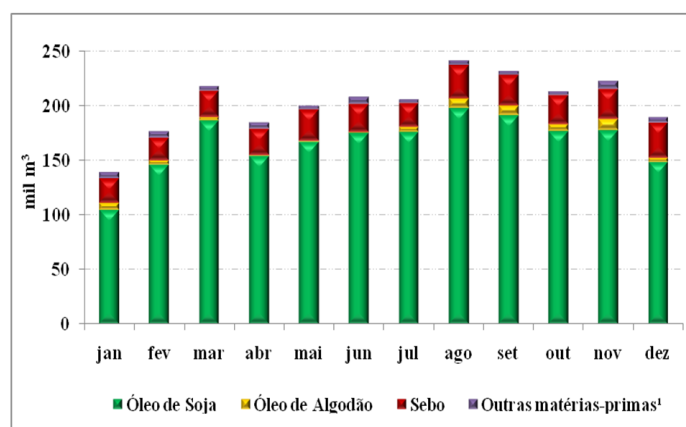


Figura 2 - Matérias-primas utilizadas na produção mensal de biodiesel – 2010

Fonte: ANP/SPP, conforme Resolução ANP nº 17/2004.

¹ Outras matérias-primas: óleos de palma, amendoim, girassol, sésamo, nabo forrageiro, óleos e gorduras residuais.

BIODIESEL E SEUS COPRODUTOS

A denominação biodiesel pode ser utilizada para qualquer combustível obtido a partir de fonte renovável, de origem animal ou vegetal, que substitua o óleo de petróleo nos motores de ciclo diesel (Feliciano Filho & Pereira Júnior, 2007). O biodiesel é definido como um mono-álquil éster de ácidos graxos e pode ser obtido de quatro formas

clássicas a partir de triglicerídeos: uso direto de óleos vegetais, microemulsões, craqueamento térmico (pirólise) ou transesterificação (Ma & Hanna, 1999), sendo a última técnica a mais utilizada. Na Figura 3, observa-se o fluxograma da cadeia produtiva do biodiesel através da transesterificação.

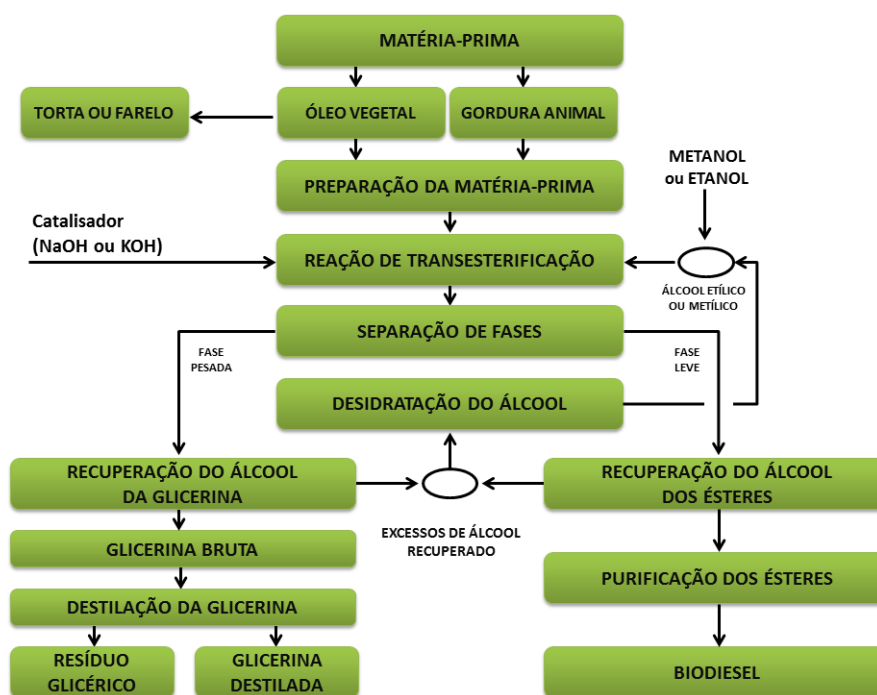


Figura 3 - Fluxograma da cadeia Produtiva do biodiesel

Fonte: Adaptado de SEBRAE (2011)

De acordo com Lofrano (2008), muitas matérias primas podem ser utilizadas na produção de biodiesel e podem ser divididas nos seguintes grupos: óleos vegetais, gordura animal, além de óleos e gorduras residuais. Algumas fontes para extração de óleo vegetal, com potencial para ser utilizado na produção de biodiesel, são: soja (*Glycine max*), baba de mamona (*Ricinus communis*), polpa do dendê (*Elaeis guineensis*), amêndoas do coco de dendê, do coco de babaçu (*Orrbignya speciosa*), do coco da praia, caroço de algodão (*Gossypium SSP. L.*), grão de amendoim (*Arachis hypogaea*), sementes de canola (*Brassica napus*), de girassol (*Helianthus annuus*), de maracujá, de linhaça e de tomate, polpa de abacate, caroço de oiticica e nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). Entre as gorduras animais, destacam-se o sebo bovino, os óleos de peixes, o óleo de mocotó, a banha de suíno, entre outros.

A maioria das tortas ou farelos das oleaginosas que vêm sendo utilizadas para produção de biodiesel no Brasil são passíveis de utilização na alimentação animal, porém, cada uma com suas particularidades no que diz respeito a cuidados antes de serem fornecidas aos animais devido a presença de alguns fatores tóxicos ou antinutricionais, as quantidades máximas dentro da formulação das dietas dos

animais e práticas de armazenamento (Tabela 1). (Abdalla et al, 2008; Bonfim et al, 2009).

GLICERINA BRUTA

O termo glicerina refere-se ao glicerol na forma comercial com pureza acima de 95%, sendo também conhecido como 1, 2, 3 propanotriol (IUPAC, 1993). O glicerol é um composto orgânico pertencente à função química álcool, sendo líquido à temperatura ambiente (25°C), higroscópico, inodoro, viscoso e possui sabor adocicado. Sua temperatura de fusão é de 17,8°C e é decomposto aos 290°C, sendo miscível em água e álcool (Perry & Green, 1997; Pachauri & He, 2006).

Na reação de transesterificação o óleo vegetal reage com um álcool (metanol ou etanol) na presença de um catalisador (podendo ser ácido, básico ou biológico). O resultado dessa reação é um éster monoalquilado (biodiesel) e o seu principal subproduto é a glicerina (Plá, 2002). Após a reação, como o biodiesel é menos denso que a glicerina, ocorre a precipitação da glicerina permitindo a retirada do biodiesel (Souza, 2006).

A glicerina bruta obtida a partir da reação de transesterificação para formação de biodiesel

apresenta impurezas como água, catalisador (alcalino ou ácido), álcool (não reagido), impureza provinda dos reagentes, ésteres, propanodióis, monoéteres, oligômeros de glicerina e polímeros (Ferrari et al, 2005). Estas impurezas podem variar em função do óleo vegetal utilizado, que possui influência tanto da região da cultura quanto ao tipo de matriz vegetal,

como dendê, mamona, soja, pinhão manso e algodão (Pinto, 2005). Na reação de transesterificação para a produção do biodiesel com a utilização de óleos vegetais cerca de 10% do volume total resultante da reação é glicerina bruta.

Tabela 1 - Características das principais oleaginosas utilizadas na cadeia do biodiesel, quanto ao teor de óleo, composição nutricional, subprodutos gerados, classificação e limitações de uso.

Oleaginosas	Teor de óleo	Composição nutricional			Subprodutos	Classificação	Limitação
		PB	EE	FB			
Amendoim	49	41-45	8-9	14-15	Farelo	Proteico	Aflatoxina
Babaçu	4	18-20	7-8	26-29	Farelo	Volumoso	-
Canola	38	32-36	22-24	7-8	Farelo	Proteico	Goitina (bócio)
Caroço de algodão	15	42-47	3	10-11	Torta ou farelo	Proteico	Gossipol (bociogênico)
Dendê	20	14-15	6-7	38-43	Torta	Volumoso	-
Gergelim	39	34-40	12-13	5	Farelo	Proteico	-
Girassol	42	20-22	20-22	21-23	Farelo	Proteico e energético	-
Mamona	44	39-43	4	18-20	Torta ou farelo	Proteico	Ricina, ricinina e complexos alergênicos
Nabo forrageiro	29	34-38	22-24	19-21	Torta	Proteico	-
Pinhão manso	40	25-60	4-12	40-45	Torta e casca	Proteico	Inibidores de tripsina, curcina (lecitina), terpenos, saponinas e Ac. fítico
Soja	19	42-47	3-4	7-8	Farelo	Proteico	-

Fonte: Adaptado de Abdalla et al (2008) e Bonfim et al (2009)

As características físicas, químicas e nutricionais da glicerina bruta dependem do tipo de ácido graxo (gordura animal ou óleo vegetal) e do tipo de catálise empregada na produção de biodiesel. No entanto, a procura pela glicerina purificada é muito maior, pelo seu valor econômico (Rivaldi et al, 2008).

Para purificação da glicerina bruta são necessários processos complexos e onerosos para que essa matéria-prima alcance as exigências em grau de pureza necessária para utilização em cosméticos, produtos químicos, alimentícios e farmacêuticos. Desta forma a tecnologia exigida para a purificação, além de ter custo elevado, é dominada por poucas empresas no Brasil (Diniz, 2008). Assim poderá haver um excedente de glicerina bruta no mercado, não havendo uma visão clara sobre os possíveis impactos potenciais desta oferta.

Dentre as principais preocupações existentes na cadeia do biodiesel está o excedente de glicerina bruta gerado pela produção. A glicerina corresponde por cerca de 10% da massa total resultante do processo de produção do biodiesel (Chi et al., 2007) e esta não possui legislação específica para seu

descarte, sendo armazenada e, conseqüentemente, tem se acumulado nas usinas de produção de biodiesel, formando grandes estoques de glicerina bruta, a qual ainda não possui destino certo. A glicerina pode ser utilizada como uma fonte energética alternativa na alimentação animal, particularmente para ruminantes, onde o glicerol pode ser disponibilizado diretamente para produção de ácidos graxos de cadeia curta que são absorvidos no rúmen para obtenção de energia (Mach et al, 2009).

GLICERINA BRUTA NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

O grande interesse na utilização da glicerina bruta na alimentação animal é devido ao seu valor energético. O valor energético da glicerina bruta, resultante de cada processo industrial, deve ser determinado em função de sua pureza em glicerol, uma vez que diversas impurezas podem estar presentes no produto. As diferenças observadas no valor da energia da glicerina bruta podem ser devido a pureza da amostra, pois a presença do metanol, cloreto de sódio e cloreto do potássio são compostos que podem ser encontrados em diferentes concentrações

como consequência das atuais técnicas utilizadas na produção do biodiesel (Lammers et al, 2007).

O uso de glicerina na alimentação animal foi alvo de estudo no passado (Bernal et al, 1978; Wagner, 1994, Simon et al, 2006) e, com o recente estímulo a produção de biodiesel e a consequente disponibilidade de glicerina bruta, houve novo interesse no uso desse coproduto em rações. Alguns trabalhos foram desenvolvidos com o objetivo de determinar os efeitos da glicerina, oriunda de diferentes fontes, sobre o desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de aves e suínos. Estas pesquisas envolveram frangos de corte (Cerrate et al, 2006; Menten et al, 2008), galinhas poedeiras (Lammers et al, 2008b), além de leitões na fase de creche (Lammers et al, 2007; Groesbeck et al, 2008) e suínos em crescimento e terminação (Berenchtein, 2008).

Existem poucos estudos a respeito da inclusão da glicerina na dieta de ruminantes visto que o aumento na oferta desse subproduto, principalmente oriundo da indústria do biodiesel é recente. A grande maioria dos trabalhos relacionados a esse assunto está na área de bovinocultura leiteira como artifício preventivo de distúrbios metabólicos associados ao período de transição, sendo a recomendação para esta fase de 5 a 8% na matéria seca da dieta (Donkin, 2008), e como suplemento para vacas em lactação, principalmente no pico de lactação (Drackley et al, 1992).

Considerando a escassez de pesquisas e informações sobre a utilização da glicerina na dieta de bovinos de corte, aliada à grande importância da atividade de produção de Biodiesel no Brasil, acredita-se que este subproduto possa ser utilizado como fonte energética alternativa em dietas para terminação de bovinos em confinamento, na substituição de alimentos convencionais como o milho. Pyatt et al (2007) e Parsons et al (2009) incluíram glicerina bruta, em substituição ao milho, na dieta de novilhos em terminação e observaram maior ganho peso e melhor conversão alimentar.

Uma vez absorvido, o glicerol será transferido para o fígado e outros tecidos, para participar da formação de lipídios, conversão em glicose através da via gliconeogênica e oxidação para a produção de energia através da glicólise e do ciclo do ácido cítrico. Segundo Lin (1977), o fígado é responsável por, aproximadamente, 3/4 da capacidade total do corpo metabolizar o glicerol. Já o rim é o órgão responsável por cerca de 1/5 desta capacidade de metabolização do glicerol e também pela essencial reabsorção do glicerol, evitando-se excessos de

perdas na urina. No entanto, o glicerol, em concentração sérica de 1 mM, pode ser totalmente eliminado pelos rins.

No metabolismo, de forma geral, o glicerol é uma molécula pequena que desempenha papel vital, sendo importante componente estrutural dos triglicerídeos e fosfolipídios. Além disso, o glicerol é precursor do gliceraldeído 3-fosfato, um intermediário na lipogênese e na via gliconeogênica, e produz energia através das vias glicolítica e do ácido tricarboxílico (Lin, 1977; Tao et al, 1983). No metabolismo celular, o glicerol 3-fosfato (G3P) é um metabólito central e possui triplo papel: fornecer o esqueleto de carbono para a gliconeogênese, agir como um carregador de equivalentes redutores do citosol para a mitocôndria para fosforilação oxidativa e agir como estrutura de lipídios glicerídeos.

O glicerol é absorvido diretamente pelo epitélio ruminal, metabolizado no fígado e direcionado para a gliconeogênese pela ação da enzima glicerol quinase, que o converte em glicose. Parte do glicerol pode ser fermentada a propionato, no rúmen, que por sua vez é metabolizado a oxaloacetato, por meio do ciclo de Krebs, no fígado, e pode ser utilizado para formar glicose pela via gliconeogênica. Assim, a glicerina bruta apresenta potencial de aplicação como substrato gliconeogênico para ruminantes (Krehbiel, 2008). Com a perspectiva de redução nos preços, a glicerina bruta tem surgido como opção para utilização como macroingrediente na dieta de cordeiros em terminação, em substituição a concentrados energéticos (Kerr et al, 2007).

Todavia, como a glicerina obtida do processo de transesterificação do óleo apresenta-se na forma bruta, com impurezas – metais pesados, excesso de lipídeos e metanol–, os impactos no consumo, na digestibilidade dos componentes da dieta e no desempenho animal podem ser diferentes dos obtidos com a glicerina purificada, de custo mais elevado.

LIMITAÇÕES DE USO DA GLICERINA BRUTA

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução 386/1999, já colocava a glicerina como umectante na lista de aditivos permitidos para alimentação humana e animal. Porém, não havia critérios de conformidade e de qualidade para a glicerina destinada a este fim, nem a obrigação de registro prévio do produto. Em maio de 2010, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) autorizou o uso da

glicerina (bruta e loira) como insumo para alimentação animal e estabeleceu um padrão mínimo de qualidade, como: glicerol (mínimo de 800 g/kg); umidade (máximo 130 g/kg); metanol (máximo 159 mg/kg) e sódio e matéria mineral (valores garantidos pelo fabricante g/kg, podendo variar pelo processo produtivo). No entanto, a glicerina já é reconhecida como um alimento seguro para alimentação animal (FDA, 21 C.F.R. 582,1320).

De acordo com Donkin (2008), a indústria alimentícia dispõe de uma glicerina segura, pelas preocupações em relação aos níveis de contaminantes provenientes da produção de biodiesel. É necessária uma atenção especial aos fatores de qualidade relacionados com a produção da glicerina. Existem preocupações sobre os níveis residuais de sódio, potássio, metanol e teor de umidade da glicerina para sua utilização na alimentação animal (Waldrup, 2007).

O FDA recomenda que os níveis adequados de metanol na glicerina bruta sejam inferiores a 0,5%. No entanto, em documento recente, o FDA emitiu uma regulamentação indicando que os teores de metanol superiores a 150 ppm podem ser considerados impróprios para o alimentação animal (Donkin, 2008).

No metabolismo do metanol são formados dióxido de carbono e água e os intermediários, o formaldeído e o formato. Os efeitos tóxicos decorrentes de envenenamento por metanol são, na verdade, pela formação, acúmulo e metabolismo lento de formato em algumas espécies. As consequências clínicas do envenenamento por metanol são depressão do sistema nervoso central, vômitos, acidose metabólica grave, cegueira e doença de Parkinson (Skrzydłowska, 2003). No entanto, estudos de Lammers et al (2008a) e Kijora et al (1995) não verificaram frequência de lesões histológicas no rim, fígado, olhos devido a toxicidade do metanol presente na glicerina.

Pesquisas evidenciam que, pelo metanol possui ponto de evaporação baixo (65°C), o processo de peletização das rações poderia minimizar a presença deste álcool (Doppenberg & Van Der Aar, 2007). Além disso, Van Gerpen (2005) destaca que no processo de produção do biodiesel, a recuperação de metanol por uma usina de biodiesel também está relacionada à eficiente da planta da usina, porque o metanol recuperado é reutilizado no processo. Gott (2009) afirma que existe grande variação na composição química em glicerinas obtidas de diferentes matérias-primas e indústrias. O autor afirma que o teor de cinza apresentou maior variação

entre as amostras, pela quantidade de catalisadores utilizados em cada indústria, no entanto, teores de glicerol, metanol, umidade e pH não apresentaram grande variação.

A diferença de valores de energia bruta das amostras é uma maneira indireta de estabelecer a eficiência do processo de produção de biodiesel. Quanto menor o valor de energia mais eficiente é a transformação, ficando como produto final somente glicerol e não parte de glicerol e parte de triglicerídios intactos. Também o nível de sódio do glicerol deve ser avaliado para incluí-lo como nutriente quando da formulação. Sob o ponto de vista da formulação, as variações de energia e de sódio, associadas à variação do metanol, podem ser restritivas ao uso irrestrito do glicerol como alternativa para a alimentação animal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produção de biodiesel é vista como uma importante alternativa à diversificação da matriz energética, tanto brasileira como mundial. A produção deste combustível gera benefícios econômicos, sociais e ambientais, na medida em que gera emprego e renda, diminui a emissão de gases de efeito estufa, além de aumentar as divisas do país.

Entretanto, a utilização de novas fontes de energia, como os biocombustíveis, gera resíduos em sua cadeia produtiva e estes ainda não possuem destino adequado. Com o aumento da produção mundial de biodiesel, e consequentemente de seus coprodutos, provavelmente não serão suficientes ou economicamente adequados os atuais destinos destes, o que pode inviabilizar o sucesso dos programas de produção de biodiesel, tanto em empresas públicas como privadas.

A produção de energia a partir de plantas oleaginosas proporciona grande disponibilidade de glicerina bruta que poderá ser usada na alimentação animal. Vários trabalhos de pesquisa mostraram que a glicerina, coproduto da produção de biodiesel, pode ser utilizada como ingrediente energético de rações de suínos e aves, sem afetar sensivelmente o desempenho e as características da carcaça e da carne.

A glicerina de biodiesel tem características interessantes como alta energia disponível, sabor adocicado e disponibilidade, podendo ser acrescentada a farelos protéicos para equilibrar rações de aves, suínos e ruminantes. A glicerina pode ser utilizada como uma fonte energética alternativa na alimentação animal, particularmente

para ruminantes, onde o glicerol pode ser disponibilizado diretamente para produção de ácidos graxos de cadeia curta que são absorvidos no rúmen para obtenção de energia. Desta forma, a glicerina pode ser incluída na formulação de rações animais, reduzindo a pressão sobre os cereais disponibilizando-os para a alimentação humana.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdalla, A. L.; Silva Filho, J. C.; Godoi, A. R.; Carmo, C. A.; Eduardo, J. L. P. 2008. Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37:260-268.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Anuário estatístico brasileiro do petróleo, gás natural e biocombustíveis 2011*. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?pg=57890>>. Acesso em: 10 out. 2011.
- ANP - Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Boletim mensal do biodiesel- Janeiro 2012*. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/?dw=59452>>. Acesso em: 15 fev. 2012.
- Berenchtein, B. *Utilização de glicerol na dieta de suínos em crescimento e terminação*. 2008. 45 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Programa Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Bernal, J. 1978. Efecto de la inclusión de glicerol o aceite vegetal a dietas com melaza para suínos e aves em crecimiento. *Veterinaria México*, 3:9194.
- Bilgen, S.; Keles, S.; Kaygusuz, A.; Sari, A.; Kaygusuz, K. 2006. Global warming and renewable energy sources for sustainable development: A Case Study in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 361:1-25.
- Bomfim, M. A. D.; Silva, M. M. C.; Santos, S. F. 2009. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. *Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária*, João Pessoa, 3(4):15-26.
- Burgi, R. 1992. Equipamentos para manejo e tratamento de resíduos agrícolas e agroindustriais. In: Simpósio sobre utilização de subprodutos agroindustriais e resíduos de colheita na alimentação de ruminantes, São Carlos, 1992. *Anais...* São Carlos: EMBRAPA, p. 69-82.
- Brasil. 2005. Lei nº 11.097, 13 de Janeiro. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF. Disponível em: <<http://legislacao.planalto.gov.br/legislacao.nsf>>. Acessado em 09 mai.
- Cândido, M.J.D.; Bomfim, M.A.D.; Severino, L.S. et al. 2008. Utilização de co-produtos da mamona na alimentação animal. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 3., 2008, Salvador. *Anais...* Campina Grande: Embrapa – Algodão, p.1-21.
- Cerrate, S.; Yan, F.; Wang, Z.; Coto, C.; Sacakli, P.; Waldroup, P. W. 2006. Evaluation of glycerine from biodiesel production as a feed ingredient for broilers. *International Journal of Poultry Science*, Faisalabad, 5(11):1001-1007.
- Chi, Z.; Pyle, D.; Wen, Z.; Frear, C.; Chen, S. 2007. A laboratory study of producing docosahexaenoic acid from biodiesel-waste glycerol by microalgal fermentation. *Process Biochemistry*, 42:1537-1545.
- Diniz, G. 2010. De coadjuvante a protagonista: Glicerina bruta obtida na produção de biodiesel pode ter muitas aplicações. *Ciência Hoje Online*, 19/10/05. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/controlPanel/materia/view/3973>>. Acesso em: 24 mar.
- Donkin, S. S. 2008. Glicerol from biodiesel production : the new corn for dairy cattle. *Brazilian Journal of Animal Science*, 37(suppl.):280-286.
- Doppenberg, J.; Van Der Aar, P. J. 2007. Biofuels: Implications for the feed industry. *Wageningen Academic Publishers*, 73-88.
- Drackley, J. K.; Richard, M. J.; Beitz, D. C.; Young J. W. 1992. Metabolic changes in dairy cows with ketonemia in response to feed restriction and dietary 1,3-butanediol. *Journal of Dairy Science*, 75:1622-1634.
- Ferreira, A. C. H.; Rodriguez, N. M.; Neiva, J. N. M. et al. 2009. Desempenho produtivo de ovinos alimentados com silagens de capim-elefante contendo subprodutos do processamento de frutas. *Revista Ciência Agronômica*, 40:315-322.
- FOOD AND DRUG ADMINISTRATION – FDA. 2006. *Code of federal regulations*, Title 21, v. 6, 1320 p.
- Feliciani Filho, W.; Pereira Junior, J. 2007. Introdução ao biodiesel. *Informativo CRQ-IV*, Pinheiros, 84(4):14-15.
- Ferrari, R. A.; Oliveira, V. S.; Scabio, A. 2005. Biodiesel de soja – Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia. *Química Nova*, 28(1):19-23.
- Groesbeck, C. N.; Mckinney, L. J.; Derouchey, J. M.; Tokach, M. D.; Goodband, R. D.; Dritz, S. S.; Nelssen, J. L.; Duttlinger, A. W.; Fahrenholz, A. C.; Behnke, K. C. 2008. Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. *Journal of Animal Science*, Champaign, 85(suppl. 1):201-202.
- Gott, P. *Variation in the Chemical Composition of Crude Glycerin*. The Ohio State University. 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1811/37082>>. Acesso em: 05 out. 2009.
- IEA. International Energy Agency. *World Energy Outlook 2012*, IEA Publications.
- IUPAC. International Union of Pure and Applied Chemistry. 1993. *A guide to iupac nomenclature of organic compounds – recommendations*, Blackwell scientific publications.
- Kerr, B. J.; Honeyman, M.; Lammers, P. 2009. *Feeding bioenergy coproducts to swine: crude glycerol*. Ames: Iowa State University, 2007. Disponível em: <<http://www.ipic.iastate.edu/publications/IPIC11b.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2009.
- Kijora, C.; Bergner, H.; Kupsch, R.D.; Hageman, L. 1995. Glycerol as feed component in diets of fattening pigs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, Berlin, 47(4):345-360.
- Krehbiel, C. R. 2008. Ruminant and physiological metabolism of glycerol. *Journal of Animal Science*, 86(Suppl.):392.
- Lammers, P. J.; Kerr, B. J.; Weber, T. E.; Bregendahl, K.; Lonergan, S. M.; Prusa, K. J.; Ahn, D. U.; Stoffregen, W. C.;

- Dozier Iii, W. A.; Honeyman, M. S. 2007. Growth performance and carcass characteristics of growing pigs fed crude glycerol. *Journal of Animal Science*, 85(suppl. 1):508.
- Lammers, P. J.; Kerr, B. J.; Weber, T. E. et al. 2008a. Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissuehistology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. *Journal of Animal Science*, 86:2962-2970.
- Lammers, P. J.; Kerr, B. J.; Honeyman, M. S. et al. 2008b. Nitrogen-corrected apparent metabolizable energy value of crude glycerol for laying hens. *Poultry Science*, 87:104-107.
- Lima, M. L. M. 2005. Uso de Subprodutos da Agroindústria na Alimentação de Ovinos. In: REUNIÃO ANUAL DA SBZ, 42, Goiânia, GO. *Anais...* Goiânia, GO: SBZ, 2005. p. 322-329.
- Lin, E.C.C. 1977. Glycerol utilization and its regulation in mammals. *Annual Review of Biochemistry*, Palo Alto, 46:765-795.
- Lofrano, R.C.Z. 2008. Uma revisão sobre biodiesel. *Revista Científica do UNIFAE*,2(2).
- Ma, F.; Hanna, M. 1999. Biodiesel production: a review. *Bioresource Technology*, Essex, 70(1):1-15.
- Mach, N.; Bach, A.; Devant, M. 2009. effects of crude glycerin supplementation on performance and meat quality of Holstein bulls fed high-concentrate diets. *Journal of Animal Science*, 87:632-638.
- Menten, J. F. M.; Pereira, P. W. Z.; Racanicci, A. M. C. 2008. Avaliação da glicerina proveniente do biodiesel como ingrediente para rações de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO 2008 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 2008, Santos. *Anais...* Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas. p. 66.
- Miotto, F. R. C.; Neiva, J. N. M.; Voltolini, T. V. J. et al. Desempenho produtivo de tourinhos Nelore x Limousin alimentados com dietas contendo gérmen de milho integral. *Revista Ciência Agrônômica*, 40:624-632.
- Mota, C. J. A.; Silva, C. X.; Gonçalves, V. L. C. Gliceroquímica: novos produtos e processos a partir da Glicerina de produção de biodiesel. *Revista Química Nova*, 32(3):639-648.
- Oliveira, A.S.; Pina, D.S.; Campos, J.M.S. 2010. *Co-produtos do biodiesel na alimentação de ruminantes*. In: V Simpósio sobre Manejo Estratégico da Pastagem, III Simpósio Internacional sobre Produção Animal em Pastejo ed. Viçosa : UFV, 2010, 1:419-462.
- Pachauri, N; He, B. 2006. "Value-added Utilization of Crude Glycerol from Biodiesel Production: A Survey of Current Research Activities", 2006 ASABE Annual International Meeting, 9 - 12 July 2006.
- Parsons, G. L.; Shelor, M. K.; Drouillard, J. S. Performance and carcass traits of finishing heifers fed crude glycerin. *Journal of Animal Science*, Champaign, 87:653-657.
- Perry, R. H.; Green, D. W. 1997. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. P. 2-39. McGraw-Hill: New York.
- Pinto, A. C.; Guarieiro, L. L. N.; Rezende, M. J. C.; et al. 2005. Biodiesel: An overview. *Journal Brazilian Chemistry Society*,16(6B):1313-1330.
- Plá, J. A. 2002. Perspectivas do biodiesel no Brasil. *Indicadores Econômicos FEE*, Porto Alegre, 30(2):179-190.
- Portugal, A. V. 2002. Sistemas de produção de alimentos de origem animal no futuro Production Systems of animal origin food in the future. *Revista Portuguesa Ciências Veterinárias*, 97:63-70.
- Pyatt, N. A., et al. 2007. Effect of crude glycerin in finishing cattle diets. *Journal of Animal Science*, 85(Suppl. 1):412(Abstract 530).
- Rego, M. M. T.; Neiva, J. N. M.; Rego, A. C. et al. 2010. Intake, nutrients digestibility and nitrogen balance of elephant grass silages with mango by-product addition. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39:74-80.
- Rivaldi, J. D.; Sarrouh, B. F.; Fiorilo, R.; Silva, S. S. 2008. Glicerol de biodiesel: Estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. *Revista Biotecnologia*, 10(37).
- SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Disponível em: <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/D170D324C7521915832572B200470F63/\\$File/NT00035116.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/D170D324C7521915832572B200470F63/$File/NT00035116.pdf)>. Acesso em: 10 jun. 2011.
- Simon, A.; Bergner, H.; Schwabe, M. 1996. Glycerol as a feed ingredient for broiler chickens. *Archives of Animal Nutrition*, Berlin, 49(2):103-112.
- Skrzydewska, E. 2003. Toxicological and metabolic consequences of methanol poisoning. *Toxicology Mechanisms Methods*, 13:277-293.
- Souza, C. A. 2006. Sistemas catalíticos na produção de biodiesel por meio de óleo residual. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA E ENERGIA NO MEIO RURAL, 6, 2006, Campinas. *Anais...* Campinas: Universidade Estadual de Campinas.
- Tao, R. C.; Kelley, R. E.; Yoshimura N. N.; Benjamin, F. 1983. Glycerol: Its metabolism and use as an intravenous energy source. *Journal Parenteral Enteral Nutrition*, 7:479-488.
- Van Gerpen, J. 2005. Biodiesel processing and production. *Fuel Processing Technology*, 86:1097-1107.
- Wagner, H. 1994. Glycerol in animal feeding – a byproduct of alternative fuel production. *Muhle Mischfuttertechnik*, 131:621-622.
- Waldroup, P. W. 2007. *Glycerine and ddgs: biofuel by-products for broilers*. In: 15th Annual ASAIM Southeast Asian Feed Technology and Nutrition Workshop. Disponível em: <<http://www.asasea.com/index.php?language=en&screenname>>. Acesso em: 02 out. 2010.