

## Fontes proteicas alternativas oriundas da cadeia produtiva do biodiesel para alimentação de ruminantes

[Alternative protein sources derived from the biodiesel production chain for feeding to ruminants]

F.F. Medeiros<sup>1</sup>, A.M.A. Silva<sup>2,5</sup>, H. Carneiro<sup>3</sup>, D.R.C. Araújo<sup>1</sup>, R.K.O. Morais<sup>1</sup>, M.N. Moreira<sup>1</sup>, L.R. Bezerra<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestre em Zootecnia – Universidade Federal de Campina Grande – Patos, PB

<sup>2</sup>Universidade Federal de Campina Grande – Patos, PB

<sup>3</sup>Embrapa Gado de Leite – Coronel Pacheco, MG

<sup>4</sup>Universidade Federal do Piauí – Bom Jesus, PI

<sup>5</sup>Pesquisador de produtividade do CNPq

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a degradação e a produção de gás de diferentes fontes proteicas geradas na cadeia produtiva do biodiesel em substituição à silagem de milho. Os tratamentos foram: coprodutos de *Gossypium hirsutum*, *Ricinus communis*, *Moringa oleifera*, *Jatropha curcas*, *Helianthus annuus*. Os produtos foram analisados mediante a técnica semiautomática de produção de gases *in vitro*. O coproduto da moringa apresentou maior taxa de degradação, quando comparado aos demais alimentos, porém apresentou baixa produção de gás e se tornou mais eficiente, sendo, portanto, indicado como o melhor nível (27,06%) de substituição à silagem de milho. O coproduto da mamona e o do algodão produziram a maior quantidade de gás em 48h de incubação. Todos os coprodutos estudados podem ser utilizados na dieta de ruminantes como alimento proteico até 30% de substituição à silagem de milho.

Palavras-chave: coprodutos do biodiesel, produção de gás, rúmen, taxa de degradação

### ABSTRACT

*This study aimed to assess the degradation and gas production of different protein sources generated in the biodiesel production chain replacing corn silage. The treatments were byproducts Gossypium hirsutum, Ricinus communis, Moringa oleifera, Jatropha curcas, and Helianthus annuus. The products were analyzed by semi-automated technique of gas production in vitro. The coproduct moringa showed higher degradation rate compared to other foods, but showed low gas production, making it more efficient, being nominated as the best level of 27.06% by replacing corn silage. The byproducts of castor oil and cottonseed produced the largest amount of gas in 48 h of incubation. All studied byproducts can be used in the diet of ruminants as a protein food up to 30% by substitution of corn silage.*

Keywords: biodiesel byproducts, gas production, rumen degradation rate

### INTRODUÇÃO

Na estação seca, em sistemas semi-intensivos, há a necessidade de suplementação para suprir as exigências nutricionais do rebanho, pois, nesse período, boa parte das pastagens apresenta baixa produção de matéria seca, bem como valor nutricional reduzido. Devido a essa

estacionalidade da produção de volumosos, como alternativa, têm sido utilizadas forragens conservadas como silagens e também os resíduos ou coprodutos do biodiesel, visto que o Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2012, de 2.717.483 de m<sup>3</sup> e uma capacidade de 20.567,8 de m<sup>3</sup>, segundo a Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (Agência..., 2012).

Recebido em 26 de maio de 2014

Aceito em 9 de janeiro de 2015

E-mail: vet.fabiolafranklin@gmail.com

A maioria dos coprodutos ou farelos das oleaginosas que vêm sendo utilizados para a produção de biodiesel no Brasil é passível de utilização na alimentação animal, porém ainda não existem dados oficiais da quantidade produzida desses coprodutos, mas estima-se que sejam produzidos na proporção de 1,2 t por tonelada de óleo extraído, o que corresponde a 55% do peso médio das sementes, valor que pode variar de acordo com o teor de óleo da semente e do processo industrial de extração do óleo (Azevedo e Lima, 2001).

Dentre esses coprodutos, destacam-se os de algodão, mamona, moringa, girassol e pinhão-manso, com disponibilidade de produção na região Nordeste porém cada um deles com suas particularidades no que diz respeito a cuidados antes de serem fornecidos aos animais, devido a alguns fatores tóxicos ou antinutricionais (Abdalla et al., 2008). O coproduto da moringa, o do algodão e o do girassol não possuem compostos tóxicos para ruminantes. Já o coproduto da mamona (*Ricinus communis*) e o do pinhão-manso (*Jatropha curcas*) possuem compostos tóxicos e antinutricionais. A ricina, encontrada nas sementes de mamona, promove a morte ou a inibição dos microrganismos ruminais, diminuindo a degradação do alimento (Oliveira et al., 2010). O coproduto do pinhão-manso apresenta inibidores da tripsina que promovem redução na digestibilidade da proteína da dieta (Bomfim et al., 2009). Contudo, já existem técnicas de desintoxicação desses coprodutos para uso na alimentação animal.

O conteúdo proteico desses coprodutos é relativamente alto (35% em média), com variação de 14 a 60%, o que sugere a sua utilização como fonte de proteína para os animais (Abdalla et al., 2008). O teor de extrato etéreo (EE) também varia consideravelmente (3 a 24% de óleo na dieta) e pode auxiliar na mitigação de metano entérico pelos ruminantes (Morgavi et al., 2012). Além disso, de acordo com Oliveira et al. (2012), o uso dos coprodutos oriundos da produção de biodiesel para a alimentação de ruminantes é vantajoso para o produtor rural, pois pode reduzir os custos com a alimentação, quando em substituição a concentrados convencionais, e geralmente mantém a produtividade e a qualidade dos produtos, desde que as dietas sejam bem balanceadas para atender as exigências

nutricionais dos animais. Embora em alguns casos possa haver queda na produtividade, esta é compensada pelos menores custos de produção, sem prejuízos à rentabilidade da atividade.

Diversas técnicas vêm sendo utilizadas para avaliar a disponibilidade dos nutrientes no alimento pelos ruminantes, sendo a técnica de produção de gases aplicada em virtude do baixo custo, da rápida execução, da possibilidade de avaliação de grande quantidade de alimentos por ensaio e do fato de utilizar poucos animais. A técnica da produção de gás *in vitro* é uma ferramenta valiosa porque descreve a fermentação dos alimentos de ruminantes (Tedeschi et al., 2009).

A produção de gás total está correlacionada com a degradabilidade do alimento, e alimentos de ótima qualidade apresentam degradabilidade acima de 80%. Partindo desse pressuposto e utilizando o modelo logístico bicompartimental, ajustado às curvas de produção cumulativa de gases (Schofield et al., 1994), bem como a soja como alimento padrão, verificou-se que a produção ótima de gás total para ruminantes é a partir de 147,5mL/g/48h.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar a produção de gases *in vitro* dos coprodutos de algodão, mamona, moringa, girassol e pinhão-manso, bem como a inclusão de fontes proteicas alternativas (coprodutos do biodiesel) na porção concentrada da dieta de ruminantes em substituição à silagem de milho, por meio da determinação da degradabilidade da matéria seca.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Coronel Pacheco, MG, de propriedade da Embrapa Gado de Leite – CNPGL, localizado na Zona da Mata de Minas Gerais.

Os substratos utilizados para incubações *in vitro* foram a silagem de milho (controle) e os coprodutos da industrialização do biodiesel: algodão (*Gossypium hirsutum*), mamona (*Ricinus communis*), moringa (*Moringa oleifera*), pinhão-manso (*Jatropha curcas*), girassol preto (*Helianthus annuus*).

### Fontes proteicas...

Amostras de, aproximadamente, 300g de cada coproduto resultante do processamento da extração do óleo vegetal foram coletadas e enviadas ao Laboratório de Análise de Alimentos da Embrapa Gado de Leite, em Juiz de Fora, MG, para as análises químicas e as análises dos gases.

Os substratos compostos pelos coprodutos e pela forragem foram pré-secos em estufas de ventilação forçada a 55°C por 48 horas. Depois foram moídos em moinho do tipo Willey, dotado de peneira com perfurações de 1,0mm, para determinação da matéria seca (MS) em estufa a 105°C, de acordo com os procedimentos gerais

descritos por Silva e Queiroz (2002); da proteína bruta (PB), pelo método Kjeldahl, da fibra em detergente neutro (FDN) e da fibra em detergente ácido (FDA), pelo método Van Soest (1991); e de extrato etéreo (EE). A forragem e os coprodutos foram acondicionados em sacos XT4 (Ankom) e submetidos à extração pelo método oficial de alta temperatura da AOCS (2009), utilizando-se extrator XT10 (Ankom). A DIVMS foi avaliada seguindo a metodologia proposta por Tilley e Terry (1963). Os carboidratos totais (CHOT) foram obtidos por intermédio da equação  $100 - (\% PB + \% EE + \% \text{Cinzas})$ , descrita por Sniffen *et al.* (1992).

Tabela 1. Composição química da silagem de milho e dos concentrados testados (coprodutos) na base da matéria seca

Silagem e coprodutos	MS (g/kg)	PB (g/kg)	FDN (g/kg)	FDA (g/kg)	LIG (g/kg)	EE (g/kg)	MM (g/kg)	DIVMS (g/kg)	CHT (g/kg)	CNF (g/kg)
Silagem milho	842,7	62,5	469,3	314,5	29,7	22,2	51,7	607,0	863,6	394,3
Algodão	929,1	549,9	303,6	207,7	32,1	40,3	68,3	595,6	341,5	37,9
Moringa	901,2	577,6	202,7	80,5	10,3	84,8	49,8	791,3	287,8	85,1
Pinhão-manso	920,7	356,9	391,4	334,5	43,4	110,6	79,5	571,3	453,0	61,6
Girassol preto	901,1	342,6	390,1	243,6	34,3	32,1	54,9	582,3	570,4	180,3
Mamona	912,6	420,2	423,3	383,4	154,4	43,8	42,3	497,1	493,6	70,3

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; LIG: lignina; EE: extrato etéreo; MM: matéria mineral; DIVMS digestibilidade; CHOT: carboidratos totais.

Foram formulados tratamentos, para substituir a silagem de milho (controle) pelos coprodutos nas seguintes proporções 70/30, 50/50 e 30/70% (volumoso/coproduto). Os ingredientes dos tratamentos, após serem secos a 55°C durante 48 horas, foram moídos a 1mm. Em seguida, pesou-se 0,5g de matéria seca (MS) da amostra, que foi transferida para um saco de Ankom® (F57), com seis repetições/tratamento, o qual foi selado e colocado dentro de frascos de vidro de soro do tipo cor-âmbar de 50mL previamente lavados com água destilada, secos em estufa e identificados.

Para a coleta do líquido ruminal, utilizaram-se três vacas da raça Holandesa, com peso médio de 600kg, providas de fístulas no rúmen. O líquido foi, então, transferido para garrafas térmicas previamente aquecidas a 39°C e levado imediatamente ao laboratório. No laboratório, o conteúdo ruminal foi homogeneizado e filtrado em duas camadas de tecido de algodão, sendo mantido em banho-maria a 39°C sob saturação de CO<sub>2</sub>, até serem adicionadas as demais soluções

(tampão, macro e microminerais de solução de resazurina e meio B (cisteína, 0,1N NACH, Na<sub>2</sub>S<sub>9</sub>H<sub>2</sub>O, água destilada)).

Foram utilizados o líquido ruminal e a solução tampão (Vitti *et al.*, 1999) em uma proporção de 5:1. O inóculo (30mL) foi, então, transferido para os frascos de incubação, os quais, posteriormente, foram lacrados e colocados em um agitador orbital cremalheira fixado em 120 oscilações por minuto em uma incubadora a 39°C.

Foram incubados 150 frascos, seis desses contendo apenas o líquido ruminal e o meio de cultura tamponante como controle (brancos), utilizados para determinar a produção de gás proveniente do conteúdo ruminal para posterior correção da produção líquida de gases. Os demais frascos corresponderam a seis repetições de cada tratamento.

Os perfis acumulativos de produção de gases *in vitro* de cada frasco foram medidos às três, seis,

12, 24 e 48 horas após a incubação, utilizando-se um aparelho de deslocamento de água graduado em mL.

Após as 48 horas da incubação, os sacos de Ankom® com os resíduos foram removidos e colocados em gelo para interromper a fermentação, em seguida lavados com água abundante e secos em estufa a 55°C durante 48 horas. A degradabilidade aparente da matéria seca (DAMS) foi obtida pela diferença de peso entre a matéria seca da amostra antes e após a incubação.

O delineamento estatístico utilizado para avaliar a produção cumulativa de gases e a degradabilidade da matéria seca foi inteiramente ao acaso, num arranjo fatorial 5 x 4 (coprodutos e níveis de substituição).

A produção de gás total e a degradabilidade da MS foram submetidas a uma análise de variância

(PROC ANOVA) do SAS, em que aos efeitos dos fatores principais aplicou-se o teste de Tukey ( $P < 0,05$ ) entre os coprodutos e destes dentro de cada nível de substituição e dos níveis de substituição dentro de cada coproduto. Os resultados dos níveis crescentes foram interpretados estatisticamente por meio dos modelos de regressão pelo PROC REG (Statistical..., 2003).

## RESULTADOS

Os coprodutos avaliados apresentaram elevado teor de proteína bruta (Tab. 1), destacando-se o coproduto do algodão e o coproduto da moringa dentre os coprodutos que apresentam maior teor proteico (549,9 e 577,6g/kg) e menor quantidade de fibra (303,6 e 202,7g/kg), respectivamente.

Quanto à degradabilidade da MS, o efeito dos fatores principais foram dependentes (Tab. 2).

Tabela 2. Percentual da degradabilidade *in vitro* (48h) dos coprodutos do biodiesel em diferentes níveis de substituição à silagem de milho

Coprodutos	Níveis de substituição				Equação de regressão	R <sup>2</sup>	P
	0%	30%	50%	70%			
Algodão	50.4	48.3AB	46.4A	45.8B	$\hat{Y} = 50.3202 - 0.0689x$	0.67	0.0011
Mamona	50.4	44.3B	38.4B	30.5D	$\hat{Y} = 51.4293 - 0.2806x$	0.96	<.0001
Moringa	50.4	47.1AB	49.3A	56.3A	$\hat{Y} = 50.4524 - 0.2652x + 0.0049x^2$	0.89	<.0001
Girassol	50.4	51.7A	48.9A	49.1B	$\hat{Y} = 50.0542$	0.33	0.1575
Pinhão	50.4	44.4B	41.2B	37.6C	$\hat{Y} = 50.2336 - 0.1823x$	0.80	<.0001

\*Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey.

Ao se analisarem os coprodutos, dentro dos níveis de substituição à silagem de milho ao nível de 30%, o coproduto do girassol apresentou a maior média de degradabilidade da matéria seca, diferindo, portanto, dos coprodutos de mamona, pinhão e moringa e assemelhando-se ao coproduto do algodão ( $P > 0,05$ ).

Ao nível de 50% de substituição da silagem de milho pelos coprodutos do biodiesel, estes diferiram entre si ( $P < 0,05$ ). O coproduto do algodão, o da moringa e o do girassol foram semelhantes, obtendo a maior degradabilidade; já o coproduto da mamona e o do pinhão-manso foram semelhantes, apresentando menor degradabilidade. Ao nível de 70% de substituição, o coproduto da moringa apresentou a maior degradabilidade, diferindo, assim, dos demais coprodutos. O coproduto do algodão e o do girassol apresentaram degradabilidade

semelhante ( $P > 0,05$ ), seguidos do coproduto do pinhão e o da mamona; este último apresentou a menor taxa de degradabilidade da matéria seca.

Ao se observarem os níveis de substituição da silagem de milho pelos coprodutos do biodiesel, verificou-se que o modelo de regressão que melhor explicou a degradabilidade do coproduto da moringa foi o quadrático, sendo 27,06% o ponto máximo que promoveu maior degradabilidade (61,22%). Para o coproduto do algodão, o da mamona e o do pinhão, o modelo de regressão que melhor explicou a degradabilidade da matéria seca foi o linear: a cada 1% do coproduto em substituição à silagem de milho, diminuía-se 0,07% (coproduto do algodão), 0,28% (coproduto da mamona) e 0,18% (coproduto do pinhão) na degradabilidade. O coproduto do girassol não

### Fontes proteicas...

apresentou um modelo de regressão significativo (Tab. 2).

Observa-se que o efeito dos fatores principais foi dependente para a produção cumulativa de gás em 48 horas de incubação (Tab. 3).

Tabela 3. Produção de gás (mL/g/48h) em diferentes níveis de substituição dos coprodutos do biodiesel pela silagem de milho

Coproductos	Níveis de substituição				Equação de regressão	R <sup>2</sup>	P
	0%	30%	50%	70%			
Algodão	130.2	104.2B	116.1A	122.7A	$\hat{Y} = 118.3208$	0,49	0,4957
Mamona	130.2	123.3A	103.5AB	85.1B	$\hat{Y} = 135.0692 - 0.6538x$	0,87	0,0001
Moringa	130.2	105.6B	84.1B	68.2B	$\hat{Y} = 130.8068 - 0,8999x$	0,96	<.0001
Girassol	130.2	112.8AB	103.6AB	106.9A	$\hat{Y} = 130.627 - 0.8793x + 0.0076x^2$	0,90	<.0001
Pinhão	130.2	102.5B	88.0B	83.7B	$\hat{Y} = 126.79966 - 0.68415x$	0,84	<.0001

\*Letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey.

Ao se avaliarem os coprodutos dentro dos níveis de substituição, ao nível de 30% o da mamona foi o coproduto que produziu maior quantidade de gás em 48 horas de incubação, assemelhando-se ao coproduto do girassol e diferindo-se dos demais. Ao nível de 50%, o coproduto do algodão foi o que produziu mais gás, semelhante ao da mamona e ao do girassol, diferindo-se do coproduto da moringa e do coproduto do pinhão. Ao nível de 70% de substituição semelhante ao de 50%, o coproduto do algodão também foi o que obteve a maior produção acumulativa de gás, não diferindo do coproduto do girassol (Tab. 3).

O coproduto do girassol foi afetado ( $P < 0,05$ ) pelos níveis de substituição da silagem de milho pelos coprodutos, apresentando resposta quadrática. O ponto mínimo de produção de gás foi estimado em 62,8%. O coproduto de algodão não foi afetado ( $P > 0,05$ ) pelos níveis de substituição.

Os coprodutos de mamona, moringa e pinhão foram influenciados de forma linear decrescente. A cada unidade percentual de coprodutos de mamona, moringa ou pinhão em substituição à silagem de milho, reduzem-se 0,65%, 0,899%, e 0,68%, respectivamente, na produção cumulativa de gás total (Tab. 3).

### DISCUSSÃO

O farelo de soja, alimento considerado padrão como fonte proteica, apresenta 479g/kg de PB, 1,62g/kg de EE e 140,6g/kg de FDN (Valadares Filho *et al.*, 2006). Dessa forma, os dados da composição química apresentados (Tab. 1)

demonstram que o teor de proteína bruta dos coprodutos testados nesta pesquisa é semelhante ou até superior ao do farelo de soja em termos de proteína bruta. Porém, os teores de FDN, Lig e EE também são superiores, o que diminui a degradabilidade quando da substituição na dieta, podendo até causar problemas de faunação ruminal devido ao poder deletério dos ácidos graxos insaturados presentes na maioria dos extratos oleaginosos vegetais (Silva *et al.*, 2013; Xin e Yu, 2013). A presença de lignina contribui para aumentar a fração indigerível, reduzindo, assim, a fração potencialmente digerível (Mizubuti *et al.*, 2011). Os maiores teores de lignina na base seca foram encontrados nos coprodutos de mamona, girassol e pinhão-manso (154,4; 34,3 e 43,4g/kg, respectivamente), e o menor no coproduto da moringa (10,3g/kg).

Essa diferença, entre outros fatores, justifica a não utilização desses coprodutos em substituição total ao farelo de soja, mas demonstra que, em nível de teor de PB, os coprodutos podem substituir parcialmente os derivados da soja. Dessa forma, a utilização dos coprodutos de algodão ou de moringa em substituição à silagem de milho pode reduzir o uso de suplementação proteica, o que irá reduzir os custos com a aquisição dos concentrados comerciais (Andrade Júnior e Martins, 2013).

Após 48 horas de incubação, o coproduto da moringa ( $P < 0,05$ ) foi o coproduto com maior degradabilidade. Isso pode ser justificado por ele apresentar o menor teor de FDN e lignina, e não apresentar compostos antinutricionais (Tab. 1). Essa maior taxa de degradação sugere que o

coproduto da moringa causa menor efeito de repleção ruminal, quando comparado aos outros alimentos estudados. Já o coproduto da mamona e o do pinhão apresentaram a menor taxa de degradabilidade, o que pode estar relacionado ao elevado teor de fibra e gordura, respectivamente, desses coprodutos, podendo provocar um grande efeito de repleção ruminal e, conseqüentemente, limitar o consumo de matéria seca e prejudicar a produção, que exige uma grande demanda nutricional. Segundo Lana (2007), para não afetar a fermentação ruminal, o máximo de lipídeos insaturados recomendado na ração é de 5%. Esse resultado está de acordo com Palma *et al.* (2013), que relataram maior degradabilidade ruminal para o coproduto da moringa e menor para o coproduto da mamona e justificaram esses resultados com a diferença no teor de FDN desses coprodutos.

Além disso, tanto a mamona como o pinhão-manso possuem compostos tóxicos e antinutricionais. A ricina é uma proteína encontrada exclusivamente no endosperma das sementes de mamona. Ela promove a morte ou a inibição dos microrganismos ruminais, diminuindo a degradação do alimento (Oliveira *et al.*, 2010). A toxidez do coproduto do pinhão-manso se deve principalmente à presença de inibidores de tripsina, substâncias antinutricionais que interferem no processo fisiológico de digestão, levando à redução da digestibilidade da proteína da dieta. Portanto, a sua utilização para a alimentação animal depende da destoxificação desse coproduto (Bomfim *et al.*, 2009).

O tratamento de 70% de coproduto da moringa promoveu menor ( $P < 0,05$ ) produção de gases ao final de 48 horas de incubação. Isso pode ser explicado pelo maior conteúdo de proteína desse alimento, como mostra a Tab. 1, o que resultaria na formação de bicarbonato de amônio, a partir de  $\text{CO}_2$ , reduzindo a sua contribuição para a produção de gás (Cieslak *et al.*, 2013). Além disso, as sementes da moringa têm demonstrado efeito bactericida contra algumas cepas Gram-positivas e Gram-negativas, sugerindo o uso das sementes como fontes de agentes antibacterianos (Costa *et al.*, 2009). A presença de toxinas, como as proteínas catiônicas polieletrólitas, em coprodutos da moringa, que foram citadas por expor propriedades antibacterianas e se ligam fortemente com micróbios ruminais, poderá vir a

dar uma explicação. Em níveis baixos, essas proteínas podem proteger as proteínas para a alimentação animal de degradação no rúmen, mas, em níveis elevados, tais proteínas podem inibir a fermentação do rúmen (Makkar *et al.*, 2007; Palma *et al.*, 2013). Isso explica a diminuição na produção de gás, o que resultaria na diminuição da população bacteriana do rúmen, diminuindo a participação na fermentação. Sabe-se que essa redução de gases é benéfica dos pontos de vista ambiental e energético para os ruminantes, tornando o coproduto da moringa mais eficiente em relação à sustentabilidade.

A maior produção cumulativa de gás no tempo de 48 horas ocorreu com o uso dos coprodutos de mamona (30%) e de algodão (50 e 70%), conforme mostra a Tab. 3. Em relação aos demais, demonstra melhor disponibilidade de nutrientes para os microrganismos ruminais *in vitro*. Esse tempo é considerado limite para a permanência de grãos no rúmen para vacas em lactação com taxa de passagem de 4 a 6,5%  $\text{h}^{-1}$  e, dessa maneira, promoveria maior disponibilidade de energia fermentável no rúmen agindo em sincronia com a proteína degradável (Cieslak *et al.*, 2013), o que resultaria em maiores produções de leite.

## CONCLUSÃO

A introdução do coproduto da moringa na dieta de ruminantes proporciona redução na emissão de gases poluentes ao meio ambiente e, conseqüentemente, melhor aproveitamento de energia pelos ruminantes. O nível de substituição de 27,06% da moringa pela silagem de milho é o mais recomendado.

Os demais coprodutos utilizados até 30% de substituição pela silagem de milho não prejudicaram a degradabilidade da MS, sendo necessários estudos mais detalhados em relação ao processo de destoxificação da mamona e do pinhão.

## AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq); à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e à Embrapa Gado de Leite, pelo auxílio ao projeto de pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- ABDALLA, A.L.; SILVA FILHO, J.C.; GODÓI, A.R. *et al.* Utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de ruminantes. *R. Bras. Zootec.*, v.37, p.260-258, 2008.
- AGÊNCIA Nacional Do Petróleo, Gás Natural E Biocombustíveis - ANP. Boletim Mensal do Biodiesel, Outubro de 2012. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>> acessado em: 20 jun. 2013.
- ANDRADE JÚNIOR, P.P.; MARTINS, C.A. Biodiesel and its strategic role in the Brazilian energy matrix: A Literature Review. *Eng Res.*, v.4, p.1-18, 2013.
- ASSOCIATION Of Official Analytical Chemists - AOAC. Official methods of analytical of the Association of Official Analytical Chemists. 15 ed. Washington, 1990. v.2
- AZEVEDO, D.M.P.; LIMA, E.F. (1ª.ed). *O Agronegócio da Mamona no Brasil*. Embrapa: Paraíba, 2001. 350p.
- BOMFIM, M.A.D.; SILVA, M.M.C.; SANTOS, S.F.D. Potencialidades da utilização de subprodutos da indústria de biodiesel na alimentação de caprinos e ovinos. *Rev. Tecnol. Ciên. Agropec.*, v.3, p.15-26, 2009.
- CIESLAK, A.; SZUMACHER-STRABEL, M.; STOCHMAL, A.; OLESZEK, W. Plant components with specific activities against rumen methanogens. *Anim.*, v.7, p.253-265, 2013.
- COSTA, R.A.; PEIXOTO, J.R.O.; SILVA, G.C.; VIEIRA, G.H.F. Redução de enterobactérias em amostras de água tratadas com sementes de Moringa oleifera. In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, ARACAJU. *Anais...* Sergipe: (s.n). 2009. p.3 (Resumo).
- LANA, R.P. *Nutrição e alimentação animal: Mitos e realidades*. 2. ed. Viçosa: UFV, 2007, 344p.
- MAKKAR, H.P.S.; FRANCIS, G.; BECKER, K. Bioactivity of phytochemicals in some lesser-known plants and their effects and potential applications in livestock and aquaculture production systems. *Anim.*, v.9, p.1371-1391, 2007.
- MIZUBUTI, I.Y.; RIBEIRO, E.L.D.A.; PEREIRA, E.S. *et al.* Cinética de fermentação ruminal in vitro de alguns coprodutos gerados na cadeia produtiva do biodiesel pela técnica de produção de gás. *Ciênc. Agrár, Lond.*, v.32, p.2021-2028, 2011.
- MORGAVI, D.P.; MARTIN, C.; JOUANY, J.P.; RANILLA, M.J. Rumen protozoa and methanogenesis: not a simple cause-effect relationship. *Br. J. Nutr.*, v.107, p.388-397, 2012.
- OLIVEIRA, R.L.; LEÃO, A.G.; RIBEIRO, O.L. *et al.* Biodiesel by-products used as ruminant feed. *Rev Colomb Cienc Pecuv.*, v.25, p.625-638, 2012.
- OLIVEIRA, A.S.; CAMPOS, J.M.S.; OLIVEIRA, M.R.C. *et al.* Nutrient digestibility, nitrogen metabolism and hepatic function of sheep fed diets containing solvent or expeller castorseed meal treated with calcium hydroxide. *Anim. Feed. Sci. Technol.*, v.158, p.15-28, 2010.
- PALMA, S.M.O.; MEALE, S.J.; PEREIRA, L.G.R.A. *et al.* In Vitro fermentation, digestion kinetics and methane production of oilseed press cakes from biodiesel production. *Asia. Aust. J. Anim. Sci.*, v.26, p.1102-1110, 2013.
- STATISTICAL Analysis System, SAS Institute Inc., SAS User's Guide, Cary, USA: SAS Inst., 2003.
- SCHOFIELD, P.; PITT, R.E.; PELL, A.N. Kinetic of fiber digestion from in vitro gas production. *J. of Anim Sci.*, v.72, p.2980-2991, 1994.
- SILVA, E.C.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. *et al.* Replacement of corn meal by corn germ meal in lamb diets. *Pesq Agropec Bras.*, v.48, p.442-449, 2013.
- SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. (Ed). *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*: Viçosa, MG: UFV, 2002. 165p.
- SNIFFEN, C.J.O.; CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J. *et al.* Net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II - Carbohydrate and protein availability. *J. Anim. Sci.*, v.70, p.3562-3577, 1992.
- TEDESCHI, L.O.; KONONOFF, P.J.; KARGES, K.; GIBSON, M.L. Effects of chemical composition variation on the dynamics of ruminal fermentation and biological value of corn milling (co)products. *J. Dairy Sci.*, v.92, p.401-413, 2009.

TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A.A. Two stage technique for *in vitro* digestion of forages crops. *J. Brit. Grassl. Soc.*, v.18, p.104-111, 1963.

VAN SOEST, P.J. (Ed). *Nutricional Ecology of the Ruminant*. Ithaca: Cornell University Press, 1991. 476p.

VALADARES FILHO, S.C.; PAULINO, P.V.R.; MAGALHÃES, K.A. (1 Ed). *Exigências nutricionais de zebuínos e tabelas brasileiras de composição de alimentos*. Viçosa: Suprema Gráfica Ltda – Universidade Federal de Viçosa, 2006.

VITTI, D.M.S.; ABDALLA, A.L.; FILHO, J.A.C. *et al.* Misleading relationships between *in situ* rumen dry mater disappearance, chemical analyzed and *in vitro* gás production and digestibility, of sugarcane baggage treated with varying levels of electron irradiation and ammonia. *Anim. Feed. Sci. technol.*,v.79, p.145-153, 1999.

XIN, H.; YU, P. Chemical Profile, Energy Values, and Protein Molecular Structure Characteristics of Biofuel/Bio-oil Co-products (Carinata Meal) in Comparison with Canola Meal. *J. Agric. Food Chem.*, v.61, p.3926-3933, 2013.