



ARTIGO 289

UTILIZAÇÃO DA GLICERINA NA DIETA DE VACAS LACTANTES EM PASTAGENS

Use of glycerin the diet of lactating cows in pastures: literature review

Elizângela Oliveira Cardoso Santana¹, Hermógenes Almeida de Santana Júnior^{2*}, Zeliana Fernandes de Oliveira³, Antônio Hosmylton Carvalho Ferreira², Marilene dos Santos Maciel³, Marcel Etienne Lucas de carvalho³, Cibelle Borges Figueiredo³, Maurílio Souza dos Santos²

RESUMO: Objetivou-se com essa revisão de literatura abordar e discutir a origem, produção, composição, metabolização e utilização da glicerina na produção de vacas lactantes. O biodiesel é fabricado através de um processo químico chamado transesterificação, onde a glicerina é separada da gordura ou do óleo vegetal. No processo de fabricação de produto são gerados resíduos que não são biodegradáveis, dentre esses existe a glicerina. A glicerina gerada através da reação de transesterificação pode prejudicar o aspecto ecológico do biodiesel. Estima-se que com a adição de 4% o excedente de glicerina no mercado foi de aproximadamente 264 mil toneladas/ano e com a adição de 5% chegará a 325 mil toneladas/ano. A glicerina é um importante co-produto energético capaz de ser utilizado na alimentação de vacas lactantes, contudo ainda são necessários estudos que elucidam os seus efeitos quando adicionados como fonte de energia em rações, a fim de se determinar a limitação de uso. Contudo é um ingrediente peculiar devido sua alta concentração de energia e digestibilidade, tornando-o promissor quando se avaliado economicamente e nutricionalmente. Seguindo- os estudos sobre a glicerina também se faz necessário à definição do produto, tornando sua composição e qualidade padrões a fim de facilitar a comercialização e utilização do produto.

Palavras chaves: Bioeconômico, comportamento ingestivo, consumo, digestibilidade, energia, metabolismo

Abstract: we intended to address this literature review and discuss the origin, production, composition, metabolism and utilization of glycerol in the production of lactating cows. Biodiesel is made through a chemical process called transesterification in which the glycerin is separated from the fat or vegetable oil. In the manufacturing process of product wastes that are not biodegradable, among these there are generated glycerin. The glycerin generated through the transesterification reaction may harm the ecological aspect of biodiesel. It is estimated that with the addition of 4% glycerol surplus on the market was approximately 264 tons/year and with the addition of 5% will reach 325 thousand tons/year. Glycerin is an important energy co-product can be used as feed for dairy cows, but studies that elucidate their effects when added as energy source in feed in order to determine whether the use is still limited. Yet it is a peculiar ingredient due to its high concentration of energy and digestibility, making it promising when it evaluated economically and nutritionally. Following studies on glycerin is also necessary to define the product, making its composition and quality standards in order to facilitate the marketing and use of the product.

Key words: bioeconomic, feeding behavior, intake, digestibility, energy metabolism

¹Doutorando em Zootecnia na Universidade Estadual do Sudoeste Bahia, *Campus* Juvino Oliveira, Itapetinga/BA

²Professor Adjunto da Universidade Estadual do Piauí, *Campus* Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros, Corrente/PI. *E-mail: hsantanajunior@hotmail.com

³Graduando em Zootecnia na Universidade Estadual do Piauí, *Campus* Dep. Jesualdo Cavalcanti de Barros, Corrente/PI.



INTRODUÇÃO

O biodiesel é um biocombustível oriundo de óleos vegetais ou gorduras animais que foi recentemente (13 de Janeiro de 2005) introduzido na matriz energética brasileira. O caráter renovável torna este produto uma fonte importante de energia no longo prazo. O biodiesel não contém petróleo, mas pode ser adicionado a ele formando uma mistura. Ele pode ser usado em motores de ignição à compressão (diesel) sem necessidade de modificação dos motores. Como se trata de uma energia limpa, não poluente, o seu uso em motor diesel convencional resulta, quando comparado com a queima do diesel mineral, em uma redução substancial de monóxido de carbono e de hidrocarbonetos não queimados.

A glicerina é um co-produto da fabricação de biodiesel, onde sua composição é a base de glicerol ou propano-1,2,3-triol (IUPAC, 1993) é um composto orgânico pertencente à função álcool (Arruda et al., 2007). É líquido à temperatura ambiente (25 °C), higroscópico, inodoro, viscoso e de sabor adocicado. O nome origina-se da palavra grega *glykos* (γλυκός), que significa doce. Portanto se a glicerina for purificada, ocorre uma elevação dos níveis de glicerol (entre 98 e 99,5%), onde esse co-produto pode ser denominado de glicerol.

O aumento da produtividade leiteira têm sido um dos principais objetivos de produtores especializados e nutricionistas, pois depende de fatores genéticos, sanitários, ambientais e nutricionais. Nesse sentido, o bom manejo nutricional é importante para que os animais expressem seu potencial, aumentando a resposta produtiva por unidade de uso de nutrientes (Lana, 2007).

O uso da glicerina na alimentação animal pode ser uma maneira de aumentar a eficiência biológica e financeira da produção de biodiesel (Zacaroni, 2010).

A possibilidade de integração da pecuária com a produção de biodiesel, enseja o estudo da utilização deste co-produto na alimentação de ruminantes visando aumentar a produtividade animal, gerando menor emissão de gases de efeito estufa, se delineando como uma perspectiva positiva.

BIODIESEL

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 Jr., 2007).

O biodiesel é fabricado através de um processo químico chamado transesterificação, onde a glicerina é separada da gordura ou do óleo vegetal. A produção e o uso do biodiesel no Brasil propiciam o desenvolvimento de uma fonte energética sustentável sob os aspectos ambiental, econômico e social e também traz a perspectiva da redução das importações de óleo diesel. Em 2008, o uso do biodiesel evitou a importação de 1,1 bilhões de litros de diesel de petróleo resultando numa economia de cerca de US\$ 976 milhões, gerando divisas para o país.

O Brasil está entre os maiores produtores e consumidores de biodiesel do mundo, com uma produção anual, em 2009, de 1,6 bilhões de litros (ANP, 2010). O percentual de adição de biodiesel ao óleo diesel está em contínua elevação, pois através da Lei 11097/2005, no ano de 2008 o Governo Federal definiu que o biodiesel fosse obrigatoriamente adicionado ao diesel do petróleo num percentual de 2%, o chamado B2. Desde 1º de julho de 2009 todo óleo diesel comercializado no Brasil contém 4% de biodiesel, programa B4 e atualmente a adição é de 5% (ANP, 2010).

Entretanto o grande volume de glicerina gerado através da reação de transesterificação pode prejudicar o aspecto ecológico do biodiesel. Estima-se que com a adição de 4% o excedente de glicerina no mercado foi de aproximadamente 264 mil toneladas/ano e com a adição de 5% chegará a 325 mil toneladas/ano (Mota et al., 2009).

O Brasil apresenta inúmeras oleaginosas com potencial para a produção de biodiesel devido a sua diversidade climática e de ecossistemas. As principais oleaginosas cultiváveis no Brasil que poderiam ser utilizadas para a fabricação de biodiesel são a soja (*Glycine max*), o girassol (*Helianthus annuus*), a mamona (*Ricinus communis*), o dendê (*Elaeis guineensis*), o pinhão-manso



(*Jatropha curcas*), o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*), o algodão (*Gossypium spp. L.*), o amendoim (*Arachis hypogaea*), a canola (*Brassica napus*), o gergelim (*Sesamum arientale*), o babaçu (*Orrbignya speciosa*) e a macaúba (*Acrocomia aculeata*) (Storck Biodiesel, 2008; BiodieselBr.com, 2008; Petrobio, 2005).

Devido à alta viscosidade do óleo obtido, o fluxo deste no motor torna-se mais lento, sendo necessária a retirada da glicerina do óleo vegetal para a redução da viscosidade. A remoção da glicerina é realizada principalmente pelo processo de transesterificação, no qual 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 mono alquilado (biodiesel) e seu principal co-produto é a glicerina (PLÁ, 2002).

A partir do total de biodiesel produzido, um teor de 9,2% é produzido de glicerina (Donkin et al., 2009). Sendo assim, este novo patamar de produção de glicerina é bastante superior à quantidade empregada atualmente nas principais aplicações comerciais já citadas, demandando a criação de novas aplicações para este produto. Sem isso, o excesso de glicerina poderá se tornar um problema principalmente no que se refere ao ambiente já que o programa para produção de biodiesel não define de forma clara e segura o destino que deve ser dado aos coprodutos. Neste sentido, seu uso como ingrediente na dieta de ruminantes desponta como importante alternativa, uma vez que além da sua contribuição nutricional, o custo da glicerina obtida da produção de biodiesel encontra-se entre 0,2 a 0,4 R\$/kg (Rivaldi et al., 2008).

UTILIZAÇÃO E COMPOSIÇÃO DA GLICERINA

Atualmente a glicerina é utilizada principalmente na indústria química para síntese de resinas e ésteres (18%), na indústria farmacêutica (7%), em cosméticos (40%), uso alimentício como umectante e conservante, no preparo de molho para salada, coberturas de doces e sobremesas geladas (24%) e outros

(11%). Entretanto, o excesso de produção de glicerina do biodiesel excederá a atual capacidade de utilização das indústrias químicas e farmacêuticas nos próximos anos (Donkin, 2008).

O glicerol é um composto tricarbônico de alto conteúdo energético, sendo um eventual substituto do milho e outros concentrados energéticos ricos em carboidratos não fibrosos na alimentação animal (DeFrain et al., 2004; Seller, 2008; Donkin et al., 2009). O glicerol está presente em todos os óleos e gorduras de origem animal e vegetal em sua forma combinada, ou seja, ligado a ácidos graxos tais como o ácido esteárico, oléico, palmítico e láurico para formar a molécula de triacilglicerol.

METABOLIZAÇÃO DA GLICERINA PELOS RUMIANTES

O glicerol é um substrato fermentável no rúmen e um precursor gliconeogênico via metabolismo hepático. Dentro do rúmen o glicerol pode seguir duas rotas metabólicas: a primeira, envolve a absorção direta pelo epitélio da parede ruminal (Rémond et al., 1993) e, a segunda, a fermentação em ácidos graxos voláteis (AGV) pelas bactérias ruminais, principalmente o ácido propiônico (Donkin, 2008).

Após chegar ao fígado através da corrente sanguínea, tanto o glicerol como o propionato, este último o principal precursor da glicose, são transformados nesta hexose por meio da rota metabólica gluconeogênica.

Segundo Donkin (2008), o glicerol não é um carboidrato, porém é fermentado no rúmen a ácidos graxos de cadeia curta, de modo que 50 a 70% do glicerol desaparecem do rúmen em 4 horas, levando a um aumento na produção de propionato, isso ocorre através das bactérias anaeróbicas que fermentam o glicerol como *Selenomonas ruminantium* (produtoras de propionato), portanto outros produtos da fermentação também são liberados como o lactato, succinato e acetato.

Krehbiel (2008) relata que aproximadamente 13% de glicerol que chega ao rúmen desaparece por passagem com a



digesta, 44% por fermentação e 43% por absorção pela parede.

A glicerina é geralmente reconhecido como segura para uso em alimentos para animais (FDA, 21 C.F.R. 582,1320, 2006). Porém, as impurezas podem desvalorizar a glicerina em níveis elevados, através dos resíduos do catalisador, sais e metanol que podem ser problemáticos na utilização de glicerol como ração animal.

A recente publicação do *Food and Drug Administration* no EUA indica que os níveis de metanol superior a 150 ppm podem ser considerados impróprios para a alimentação animal. Entretanto, níveis bem superiores foram estabelecidos na Alemanha onde o limite máximo de 5000 ppm foi definido (Seller, 2008).

Na literatura, verifica-se uma grande variação na composição da glicerina, o conteúdo de glicerol pode variar de 30,5 (Paige, 2009) a 90% (Potu et al., 2009). Nos EUA, observou-se valores entre 100 ppm e 11500 ppm de metanol (Dasari, 2007). A matéria seca pode variar de 70% (Shin et al., 2009) a 94% (Paige, 2009).

Schroder & Sudekum (1999) analisaram a composição da glicerina obtida a partir do óleo de canola e verificaram a presença de 26% de água. Na base da matéria seca foram observados 63,3% de glicerol, 26,7% de metanol, 3,36% de P, K e Na, 0,71% de extrato etéreo e 0,0003% de proteína bruta.

A glicerina utilizada no estudo de DeFrain et al. (2004) foi obtida diretamente das usinas processadoras de biodiesel e apresentou 80,2% de glicerol, 11,5% de sais, 6,6% de água e 1,3% de metanol em sua composição. Embora o menor teor de metanol sugira ter havido, na própria indústria, algum tipo de processamento para diminuir esse tipo de contaminação, ela não foi eficaz uma vez que 1,3%, ou seja 13.000 mg/kg situa-se acima dos 150 mg/kg sugeridos pelos americanos FDA (2006) e dos limites superiores alemães.

Já a glicerina utilizada por Thompson et al. (2006), que é oriunda da produção de biodiesel de soja, indica um teor de glicerol de

76,2%, gordura de 7,98%, proteína de 0,05% e cinza de 2,73%. O último sendo composta de 11 ppm Ca, 6,8 ppm Mg, 53 ppm P, e 1,2% Na. Os teores de metanol encontrado foi de 23,4 a 37,5%, indicando que não era uma glicerina recomendada para alimentação animal na condição do presente estudo.

Hansen et al. (2009) avaliou a composição de 11 amostras de glicerina oriundas de sete plantas diferentes na Austrália e encontraram que o conteúdo de glicerol variou de 38,4 a 96,5% e o de metanol variou de <0,01 a 13,94% e a matéria seca entre 83,9 e 100%.

Mesmo com a remoção do metanol, estarão misturados à glicerina outros compostos que poderão variar em função da matéria prima e catalisadores utilizados no processo. Considerando a possibilidade de utilizar a glicerina na dieta de ruminantes, torna-se imprescindível conhecer o produto em termos de sua composição qualitativa e quantitativa, visando definir a quantidade de seu fornecimento aos animais. Assim, além do conhecimento primário das concentrações médias de glicerol na glicerina, algumas substâncias acompanhantes podem ser prejudiciais aos microorganismos do rúmen ou mesmo ao animal. Do ponto de vista econômico, a composição é importante também para definir as possibilidades de inserção do produto nas dietas dos ruminantes considerando-se o preço a ser pago pela glicerina bruta

PARÂMETROS NUTRICIONAIS E METABÓLICOS

Kristensen & Raun (2007) forneceram 1088 g de glicerina (85% de glicerol), em dose diária única via cânula ruminal em vacas, e observaram apenas 10% do glicerol na veia portal como consequência da absorção direta. Entretanto, como a quase totalidade desse glicerol absorvido foi transformado em glicose pelo fígado, os autores sugeriram que o glicerol não recuperado na veia portal havia sido fermentado no rúmen.



Tabela 1. Composição de glicerina variando na pureza

	Pureza da glicerina		
	Baixa	Média	Alta
Umidade (%)	26,8	1,1	2,5
Glicerol (% MS)	63,3	85,3	99,8
Extrato etéreo (% MS)	0,71	0,44	n.a. ¹
P (% MS)	1,05	2,36	n.a. ¹
K (% MS)	2,20	2,33	n.a. ¹
Na (% MS)	0,11	0,09	n.a. ¹
Proteína bruta (% MS)	0,0003	0,0002	n.a. ¹
Metanol (% MS)	26,7	0,04	n.a. ¹

¹Não analisado

Fonte: Schroder & Sudekum (1999)

Independentemente do substrato absorvido (ácido propiônico ou glicerol), a maior parte do glicerol ingerido por ruminantes é convertida em glicose no fígado (Leng, 1970) o que faz dele um importante precursor desse nutriente energético. Schroeder & Sudekum (1999) determinaram a energia líquida para lactação (ELL) do glicerol e chegaram aos valores de 2.300 Kcal/kg, quando oferecido em dietas pobres em amido, e entre 1.912 e 2.031 Kcal/kg quando incorporado a dietas ricas em amido. Para comparação, a ELL (energia líquida de lactação) do milho quebrado, moído e floculado é, segundo o NRC (2001), 1.912, 2.008 e 2.079 Kcal/kg, respectivamente, demonstrando assim uma similaridade entre o milho e o glicerol.

Por ser um composto que permite a gluconeogênese e, portanto, de alto valor energético, o glicerol, desde a década de 50, vem sendo utilizado no tratamento da cetose em vacas de alta produção. O interesse no uso do glicerol para vacas lactantes surgiu depois que Johnson (1954) conseguiu reverter o quadro de cetose nesses animais fornecendo

grandes quantidades de glicerol em um período de poucos dias.

DeFrain et al. (2004) avaliando a inclusão de glicerina com 80,2% de glicerol (controle, 0,43 e 0,86 kg/dia) na dieta de vacas lactantes em confinamento 21 antes do parto até 21 dias após o parto, e observaram que não houve diferença entre o controle e os níveis de glicerina para produção e composição do leite, contagem de células somáticas, metabólitos sanguíneos (insulina, ácidos graxos não esterificados – AGNE e β -OH-butirato – BHB), lípidios e glicogênio no fígado, parâmetros ruminais (pH, nitrogênio amoniacal - NH_3 , acetato, propionato, relação acetato:propionato etc). Entretanto, o fornecimento de glicerina diminuiu o consumo de matéria seca (MS) e concentração de glicose plasmática, e elevou-se e concentração ruminal de butirato.

Bodarski et al. (2005) observou que a alimentação de 500 mL de glicerina (99,5% de glicerol), representando 3,1% da MS da dieta em vacas lactantes com 70 dias pós-parto, proporcionou maior produção e teor de proteína do leite.

Ogborn (2006) avaliando o ingestão de MS em vacas Holandesas múltiparas, testou a utilização de 500 mL de glicerina



(99,5% de glicerol) no período pré e pós-parto e verificou aumento do consumo de MS no período pré-parto e diminuição do período pós-parto.

Trabalhando com vacas Holandesas múltíparas alimentadas com glicerina sólida (produto comestível, 65% glicerol), durante as três primeiras semanas de lactação, fornecendo 250 g/dia de glicerina sólida (162,5 g de glicerol) ou sem fornecimento, Chung et al. (2007) não encontraram nenhum efeito de tratamento sobre a ingestão e conversão alimentar, produção e composição do leite e contagem de células somáticas.

Para os metabólitos sanguíneos (glicose, insulina, AGNE e BHB) e cetona urinária foram encontrados valores semelhantes para o controle e glicerina.

Donkin & Doane (2007) avaliaram em vacas lactantes, a resposta à dose de fornecimento de 0, 1,22; 2,45; 3,6 kg de glicerina/dia (99,5% glicerol), verificaram que o consumo diminuiu a nível de 3,6 kg/dia de glicerina durante os primeiros sete dias do experimento, porém a produção e composição do leite não foram alterados.

Donkin et al. (2007) verificando a adição de glicerol em vacas Holandesas confinadas verificaram que até 15% de glicerol na dieta não provoca efeitos deletérios sobre a produção e composição do leite.

Wang et al. (2008) avaliaram a utilização da glicerina com 99,8% de glicerol (zero, 100, 200 e 300 g de glicerol/dia) em vacas Holandesas em lactação, e não observaram efeito para o consumo de MS, produção leiteira e teor de lactose do leite, porém houve um efeito linear decrescente no teor de proteína e gordura no leite, AGNE, ABHB e cetona na urina com a elevação do fornecimento de glicerol. Os autores também encontraram um aumento da concentração de glicose no plasma com a elevação do glicerol. A recomendação dos autores foi para utilização de 300 g de glicerol/dia.

Osborne et al. (2009) testando a glicerina diluída em água em vacas Holandesas, verificou que no período pós-parto o tratamento com glicerina diluída na água (consumo esperado de 1600 g de glicerol/dia) obteve menor consumo de MS

que o controle. Os mesmos autores não encontraram diferenças no período pós-parto tanto para a produção e composição do leite, quanto para as concentrações plasmáticas de glicose (2,24 vs. 2,15 mmol/L) e ácidos graxos não esterificados (0,57 vs. 0,62 mmol/L) entre o tratamento controle e glicerina, respectivamente. Portanto, no período pós-parto, para o tratamento glicerina a concentração de ácido beta-hidroxibutirato do plasma e cetona da urina foi superior ao controle.

Donkin et al. (2009) avaliando em sessenta vacas Holandesas confinadas o efeito da inclusão de zero, cinco, 10 e 15% da MS da dieta de glicerina (99,5% de glicerol) observaram que o consumo de MS, produção, contagem de células somáticas e composição de leite, escore de condição corporal, produção microbiana e derivados de purinas foram semelhantes entre os tratamentos. Portanto as digestibilidades aparentes da MS e a concentração de glicose no sangue elevou-se linearmente com o aumento de glicerina na dieta. O nitrogênio uréico no leite (NUL) diminuiu com a elevação do glicerol.

No mesmo estudo, não verificaram diferenças entre os tratamentos em estudo para a concentração de ácidos graxos voláteis (AGV, 119 mM), acetato (58,7%), propionato (23,3%), butirato (17,8%) e NH₃ (9,7 mg/dL).

Portanto, recomendaram a inclusão de 15% de glicerina na dieta de vacas lactantes. Os autores também afirmam que a natureza dos efeitos de glicerol na digestibilidade total, precisa ser mais explorado, em especial para dietas em que a digestibilidade da fibra animal pode limitar o desempenho animal.

Shin et al. (2009) avaliaram a inclusão de glicerina com 90% de glicerol na dieta (zero, cinco e 10%) de 24 vacas em lactação, e observaram que a produção leiteira, glicose plasmática e pH ruminal não alteraram entre os tratamentos, recomendando então 10% de glicerina na dieta de vacas em lactação.

Rico et al. (2009) avaliaram a substituição do amido de milho ou melaço de cana por glicerina com 42,5% de glicerol (4,29% na MS da dieta) em nove vacas holandesas, sendo que para o consumo e a



produção de leite não apresentaram efeito entre os tratamentos.

Em estudo com seis vacas em lactação, Boyd et al. (2009), avaliaram a resposta da inclusão de glicerina com 99,5% de glicerol (controle, 200 e 400 g de glicerina) e verificaram que houve um queda no consumo e produção de leite com a inclusão da glicerina quando comparado com o controle. Os autores também verificaram um aumento da proporção molar de propionato no líquido ruminal e diminuição do acetato com a inclusão de 400 g de glicerina comparativamente ao controle.

Zacarani (2010) avaliando a inclusão de glicerina na dieta (controle e 12,3% na MS da dieta) de dezoito vacas lactantes confinadas observou que o consumo, composição do leite, escore de condição corporal, digestibilidade da MS e fibra em detergente neutro (FDN), proporção molar de propionato, pH, volume de urina e a concentração de alantoína não diferiram entre os tratamentos em estudo. Mas houve diminuição da produção leiteira, proporção molar de acetato e concentração de glicose, e aumento de butirato com a inclusão de glicerina.

Observando os estudos citados anteriormente, observa-se que para nenhuma das variáveis há uma similaridade dos efeitos com a inclusão da glicerina. Salienta-se que as todas as pesquisas foram conduzidas com vacas lactantes confinadas, necessitando então elucidar os efeitos com animais em pastagem, tendo em vista que é o principal sistema de produção leiteira no Brasil.

Drackley (2008) em uma revisão feita sobre o uso de glicerol em dietas para vacas lactantes sugeriu que ele pode participar em até 10% da matéria seca da dieta sem prejuízos para o animal.

Coletivamente, essas experiências indicam que o glicerol pode ser adicionado em dietas para vacas em lactação sem efeitos deletérios. No entanto, o limite superior da inclusão de glicerol não foi elucidado.

Algumas pesquisas mostraram efeito indesejável do glicerol sobre a digestão ruminal das fibras, pois Roger et al. (1992) observaram que o uso de 0,5% de glicerol na dieta inibiu a degradação da celulose pelos

fungos do rúmen, e o uso acima de 2% de glicerol inibiu as bactérias ruminais. Já Paggi et al. (2004) estudaram o efeito de vários compostos na capacidade proteolítica do líquido ruminal de bovinos e constataram efeito negativo do glicerol sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca e da carboximetilcelulose.

Os dois estudos acima mencionados foram realizados *in vitro* e seus resultados devem ser interpretados com cautela já que nestas condições, a principal via de absorção do glicerol, diretamente através da parede do rúmen, não ocorre. Seguindo esse raciocínio, verifica-se que nos experimentos com animais não foi destacado a atenção para possíveis reduções na digestibilidade dos nutrientes.

O maior aporte de glicose decorrente do consumo de glicerol pode resultar em melhoria do aporte energético dos animais ou em maior produção de leite nos casos onde o potencial produtivo é limitado pela quantidade de energia disponível para o animal.

É fundamental mencionar que a maioria dos estudos acima foram conduzidos com glicerina de alto grau de pureza (*Food Grade*). Para obter essa qualificação, a glicerina, co-produto da transesterificação dos óleos vegetais, passa por diferentes processos de refinamento, encarecendo o produto final. Na glicerina as impurezas, tais como resíduos catalíticos, sais e álcool (etanol ou metanol), podem chegar a 25% da matéria seca do produto (Thompson & He, 2006), e representar, no caso do metanol, risco para quem manuseia o produto e para os animais que o consomem.

PARÂMETROS COMPORTAMENTAIS

A produção animal em pastagem depende de fatores relacionados à planta e ao animal, portanto, a quantidade e a forma como a forragem é fornecida ao animal determina diferentes respostas no consumo e desempenho. Essas respostas podem ser obtidas com diferentes estratégias de pastejo, sendo utilizadas de acordo com a estrutura da pastagem (Carvalho et al., 2001). O consumo de forragem por animais em pastejo é influenciado por três grupos de fatores: os que afetam o processo de digestão, os que afetam



o processo de ingestão e aqueles que afetam os requerimentos nutricionais e a demanda por nutrientes (Berchielli et al., 2006).

Um dos objetivos básicos de todo sistema de produção de bovinos em pastagem é cobrir as necessidades nutricionais dos animais durante todo o ano, mantendo uma oferta permanente de alimento em quantidade e qualidade suficientes, para obter ótima resposta produtiva por parte dos animais. Todavia, nas condições de pastagem, existem grandes variações na produção de matéria seca e na qualidade da pastagem, afetando negativamente a produtividade animal e promovendo alterações no comportamento animal (Pardo et al., 2003).

Para a eficiente exploração da pastagem, é necessário conhecer as relações existentes na interface planta-animal, que envolve o estudo de como as condições de pastejo interferem no comportamento ingestivo dos ruminantes e no seu desempenho, de forma a identificar condições de manejo adequadas à categoria animal e ao sistema de produção adotado (Jochims et al., 2010).

O conhecimento do comportamento ingestivo dos animais de acordo com a dieta fornecida é de grande importância para avaliação de seu desempenho produtivo (Missio et al., 2010), pois variáveis comportamentais podem ser utilizadas para nortear a avaliação da dieta.

Em único estudo encontrado sobre o tema, a inclusão de glicerina na dieta (controle e 12,3% de MS na dieta) sobre o comportamento ingestivo de dezoito vacas lactantes confinadas, Zacarani (2010) observou que o tempo de ruminação e mastigação (ingestão + ruminação), bem como a eficiência de ruminação e mastigação não apresentaram diferenças quando comparadas com o controle.

O tempo de ingestão foi superior para o controle (254 minutos) em relação ao tratamento glicerina (228 minutos), sendo que o autor também afirma que esse efeito proporcionou diferenças também na eficiência de ingestão (12,6 vs. 14,2, para glicerina e controle, respectivamente).

PARÂMETROS BIOECONÔMICOS

A cada ano, o agronegócio brasileiro consolida sua importante posição na economia, como resultado do avanço tecnológico, do incremento na produtividade e da ocupação de novas áreas (Fernandes et al., 2007). Desta maneira, como qualquer atividade do setor pecuário, mantendo-se competitiva, deve ser constantemente avaliada, principalmente no que tange aos aspectos econômicos. Neste contexto, os custos de produção da atividade, a receita obtida e a rentabilidade do capital investido são fatores importantes para o sucesso de qualquer sistema de produção. Esta análise permite a detecção do item que, em determinado momento, pode inviabilizar a atividade, como as oscilações de preços no mercado (Peres et al., 2004).

Existem duas formas básicas de interferir no ganho financeiro real de uma atividade: aumentando seu preço de venda, mas com algumas consequências em relação à demanda, ou implementando uma política de redução de custos e aumento de produtividade, que também favoreceria o aumento da margem sem, contudo, depender diretamente do fator demanda (Figueiredo et al., 2007). Enquanto a viabilidade técnica da suplementação de animais em pastejo é considerada praticamente consolidada, questionamentos quanto a sua viabilidade econômica existem desde longa data, muito embora comparações econômicas entre os sistemas intensivos e extensivos de pecuária tenham apontado para resultados superiores para os sistemas intensivos (Pilau et al., 2003).

Em rebanhos com maior produtividade, o custo de dieta por animal é mais elevado, mas a maior produção costuma compensar o investimento. Quando se analisa o custo final da dieta por litro, vacas mais produtivas mostram-se mais rentáveis, visto que o custo por litro é menor (CEPEA, 2007).

Segundo Peres et al. (2004), alguns indicadores econômicos podem ser adotados para a avaliação financeira de sistemas de produção, entre eles, o valor presente líquido (VPL) e a taxa interna de retorno (TIR).



CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de coprodutos na alimentação de ruminantes tem sido ressaltada pelo impacto econômico dentro do sistema de produção leiteira. Mas o objetivo dessas pesquisas é a substituição parcial de ingredientes padrões como o milho, que possui um alto valor comercial devido sua ampla utilização desde a nutrição humana até a produção de biodiesel, por coprodutos de baixo valor agregado, proporcionando assim, diminuição do custo de produção e elevação da lucratividade.

Em alguns casos, a inclusão dos coprodutos também pode acarretar em elevação dos índices produtivos, o que melhora ainda mais a sustentabilidade do sistema.

A glicerina é um importante co-produto energético capaz de ser utilizado na alimentação de vacas lactantes, contudo ainda são necessários estudos que elucidam os seus efeitos quando adicionados como fonte de energia em rações, a fim de se determinar a limitação de uso. Contudo é um ingrediente peculiar devido sua alta concentração de energia e digestibilidade, tornando-o promissor quando se avaliado economicamente e nutricionalmente.

Seguindo- os estudos sobre a glicerina também se faz necessário a definição do produto, tornando sua composição e qualidade padrões a fim de facilitar a comercialização e utilização do produto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP. Agência Nacional do Petróleo. 2010. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>. Acesso em: 15 de Abril de 2011.

ARRUDA,P.V.; RODRIGUES, R.C.L.B.; FELIPE, M.G.A. Glicerol: um subproduto com grande capacidade industrial e metabólica. **Revista Analytica**, p.56-62, n.26, 2007.

BERCHIELLI, T.T. et al. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNESP, 2006. 583p.

BIODIESEL BR.COM. **Tudo sobre biodiesel**. Curitiba, 2008. Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/biodiesel/biodiesel.htm>>. Acesso em: 05 de maio de 2011.

BODARSKI, R. et al. The change of metabolic status and lactational performance in dairy cows under feeding tmr with glycerin (glycerol) supplement at periparturient period. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Animal Husbandry**, v.8, p.1-9, 2005.

BOYD, J.; WEST, J.W.; BERNARD, J.K. Effects of increasing concentrations of dietary glycerol on ruminal environment and digestibility in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, n.1, p.88, Jan. 2009.

CARVALHO, P.C.F. et al. Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 2001. p.853-871.

CEPEA - ESALQ/USP. **Receita compensa gasto extra com dieta para rebanhos mais produtivos**. Boletim Técnico, dez. 2007. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br/leite/boletim/162/insumos.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2011.



CHEN, X.B.; GOMES, M.J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives - An overview of the technical details. **Int. Feed. Res. Unit, Occas. Publ.** Rowett Res. Inst., Bucksburn, Aberdeen, UK, 1992.

CHUNG, Y.H.; RICO, D.E.; MARTINEZ, C.M.; CASSIDY, T.W.; NOIROT, N.; AMES, A.; NOIROT, VARGA, G.A. Effects of feeding dry glycerin to early postpartum holstein dairy cows on lactational performance and metabolic profiles. **Journal of Dairy Science**, v.90, p.5682–5691, 2007.

DASARI, M. Crude Glycerol Potential Described. **Feedstuffs**, October 15, 2007.

DEFRAIN, J.M. et al. Feeding glycerol to transition dairy cows: Effects on blood metabolites and lactation performance. **Journal Dairy Science**, v. 87, p. 4195-4206, 2004.

DONKIN, S.S. Glycerol from biodiesel production: the new corn for dairy cattle. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37 (supl.), p.280-286, 2008.

DONKIN, S.S.; KOSER, S.L.; WHITE, H.M.; DOANE, P.H. CECAVA, M.J. Feeding value of glycerol as a replacement for corn grain in rations fed to lactating dairy cow. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, n.10, p.5111-5119, oct. 2009.

DRACKLEY, J. K. **Opportunities for Glycerol Use in Dairy Diets**. In: Four-State Dairy Nutrition and Management Conference. Iowa State University, University of Illinois, University of Minnesota, University of Wisconsin. Dubuque, Iowa, p.113-118. 2008.

FDA. 2006. **Code of Federal Regulations**, 21 CFR 582.1320, Title 21, v.6, 21CFR582.1320. Disponível em: <http://edocket.access.gpo.gov/cfr_2002/aprqrtr/21cfr582.1320.htm>. Acesso em: 10 de maio de 2011.

FELICIANO FILHO, W.; PEREIRA Jr., J. Introdução ao biodiesel. **Informativo CRQ-IV**, Pinheiros, v.84, n.4, p.14-15, mar./abr., 2007.

FERNANDES, A.R.M. et al. Avaliação econômica e desempenho de machos e fêmeas Canchim em confinamento alimentados com dietas à base de silagem de milho e concentrado ou cana-de-açúcar e concentrado contendo grãos de girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.855-864, 2007

FIGUEIREDO, D.M.; OLIVEIRA, A.S.; SALES, M.F.L. et al. Análise econômica de quatro estratégias de suplementação para recria e engorda de bovinos em sistema pasto-suplemento. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.36, n.5, p.1443-1453, 2007.

HANSEN, C. F.; HERNANDEZA, A.; MULLAN, B. P. et al. A chemical analysis of samples of crude glycerol from the production of biodiesel in Australia, and the effects of feeding crude glycerol to growing-finishing pigs on performance, plasma metabolites and meat quality at slaughter. **Animal Production Science**, v.49, p.154–161, 2009.

IUPAC. **International Union of Pure and Applied Chemistry**. A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds – Recommendations, 1993.

JOCHIMS, F.; PIRES, C.C.; GRIEBLER, L. et al. Comportamento ingestivo e consumo de forragem por cordeiras em pastagem de milheto recebendo ou não suplemento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.3, p.572-581, 2010.



JOHNSON, M.M.; PETERS, J.P. Technical note: An improved method to quantify nonesterified fatty acids in bovine plasma. **Journal of Dairy Science**, v.71, p.753–756, 1993.

JOHNSON, R.B. The treatment of ketosis with glycerol and propylene glycol. **Cornell Vet.**, v.44, p.6-21, 1954.

KREHBIEL, C.R. Ruminal and physiological metabolism of glycerin. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.86, n.1, p.392, Jan, 2008. Abstract.

KRISTENSEN, N. B.; RAUN, B. M. L. **Ruminal fermentation, portal absorption, and hepatic metabolism of glycerol infused into the rumen of lactating dairy cows. In: Energy and Protein Metabolism and Nutrition – Proceedings of the 2nd International Symposium on Energy and Protein Metabolism and Nutrition**, I. Ortigues-Marty, ed. EAAP Publication n°.124. Wageningen Academic Publisher, The Neetherlands. 2007.

LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal** (mitos e realidades). 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2007. 344p.

MISSIO, R.L.; BRONDANI, I.L.; ALVES FILHO, D.L. et al. Comportamento ingestivo de tourinhos terminados em confinamento, alimentados com diferentes níveis de concentrado na dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.7, p.1571-1578, 2010.

MOTA, C.J.A.; DA SILVA, C.X.A.; GONCALVES, V.L.C. **Química Nova**. v.32, n.3, p.639, 2009.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. Washington: National Research Council, 7. ed., 2001. 381p.

OGBORN, K. L. 2006. **Effects of method of delivery of glycerol on performance and metabolism of dairy cows during the transition period**. MS thesis. Cornell University, Ithaca, NY.

OSBORNE, V.R.; ODONGO, N.E.; CANT, J.P.; SWANSON, K.C.; McBRIDE, B.W. Effects of supplementing glycerol and soybean oil in drinking water on feed and water intake, energy balance, and production performance dairy cows. **Journal of dairy Science**, Champaign, v.92, n.2, p.698-707, Feb. 2009.

PAGGI, R.A. et al. *In vitro* ruminal digestibility of oat hay and cellulolytic activity in the presence of increasing concentrations of short-chain acids and glycerol. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.142, n.1, p.89-96, 2004.

PAIGE, G. **Variation in the chemical composition of crude glycerin: the knowledge bank at OSU**. 2009. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1811/37082>>. Acesso em: 20 de maio de 2014.

PARDO, R.M.P. et al. Comportamento ingestivo diurno de novilhos em pastejo a níveis crescentes de suplementação energética. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, p.1408-1418, 2003.

PERES, A.A.C. et al. Análise econômica de sistemas de produção a pasto para bovinos no município de Campos dos Goytacazes-RJ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1557-1563, 2004.

PETROBIO. **Biodiesel: Viabilidade econômica**. Ribeirão Preto, 2005. Disponível em: <<http://www.plantebiodiesel.com.br/MANUAIS%20DO%20CD/27%20BIODIESEL%20%20VI>



ABILIDADE%20ECONOMICApara%20100000%20Litros%20de%20Biodiesel%20por%20dia.pdf
>. Acesso em: 05 de maio de 2014.

PILAU, A. et al. Análise econômica de sistemas de produção para recria de bezerras de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.4, p.966-976, 2003.

PLÁ, J.A. **Perspectivas do biodiesel no Brasil**. Indicadores Econômicos FEE, Porto Alegre, v.30, n.2, p.179-190, set. 2002.

POTU, R.B.; ABUGHAZALEH, A.A.; HASTINGS, D.; ABOEL-NOR, S.; IBRAHIM, S. The effects of feeding glycerol on rumen fermentation and bacteria. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, n.1, p.89, Jan. 2009.

RAABO, E.; TERKILDSEN, T. C. On the enzymatic determination of blood glucose. **Scand. J. Clin. Lab. Invest.** v.12, p.402-407, 1960.

RÉMOND, B. et al. In vitro and in vivo fermentation of glycerol by rumen microbes. **Animal Science Feed and Technology** v.41, p.121-132, 1993.

RICO, D.E.; CHUNG, Y.H.; MARTINEZ, C.M.; CASSIDY, T.; HEYLER, K.S.; VARGA, G.A. Effects of replacing starch or sugar with glycerin in diets for dairy cows on production and blood metabolites. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, n.1, p.87, Jan. 2009.

RIVALDI, J.D.; SARROUB, B.F.; FIORILO, R.; SILVA, S.S. Glicerol do biodiesel: estratégias biotecnológicas para o aproveitamento do glicerol gerado da produção de biodiesel. **Biotecnologia, ciência e desenvolvimento**, p.44-51, n.37, 2008.

ROGER, V.; FONTY, G.; ANDRE, C.; GOUET, P. Effects of glycerol on the growth, adhesion and cellulolytic activity of rumen cellulolytic bacteria and anaerobic fungi. **Current Microbiol.**, v.25, p.197-201, 1992.

SANTOS, F.A.P.; PENATI, M.A.; CARARETO, R.; et al.. Produção de leite com base em pastagens. In: SANTOS, G.T.; UHLIG, L.; BRANCO, A.F.; et al. (Org.). **Bovinocultura de leite: inovação tecnológica e sustentabilidade**. 1 ed. Maringá: Eduem, p. 153-178, 2008.

SAS. **SAS User's Guide: Statistics** (Version 5 ed.). SAS Inst. Inc., Cary, NC, 2003.

SCHROEDER, A.; SUDEKUM, K.-H. **Glycerol as a by-product of biodiesel production in diets for ruminants**. In: N. Watten and P. A. Salisbury, ed. *New Horizons for an Old Crop*. Proc. 10th Int. Rapeseed Congr., Camberra, Australia, Sept. 26-29, Paper n°. 241. 1999.

SELLERS, R.S. Glycerin as a feed ingredient, official definition(s) and approvals. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.91, n.1, p.392, Jan. 2008.

SHIN, J.H.; KIM, S.C.; WANG, D.; ADESOGAM, A.T.; STAPLES, C.R. Glycerol supplementation for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.92, n.1, p.88, Jan. 2009.

SILVA, J.S.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.



SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, D.J.; Van SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.70, n.12, p.3562-3577, 1992.

STORCK BIODIESEL. **O que é o biodiesel?** Curitiba. Disponível em: <www.storckbiodiesel.com.br>. Acesso em 03 de maio de 2014.

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

THOMPSON, J.C. et al. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiples feedstoks. **Applied Engineering in Agriculture**, v.22, p.261-265, 2006.

THOMPSON, J.C.; HE, B.B. Characterization of crude glycerol from biodiesel production from multiple feedstock. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v.22, n.2, p.261-265, Apr. 2006.

TYRRELL, H.F.; REID, J.J. Prediction of the energy value of cow's milk. **Journal of Dairy Science**, v.48, p.1215-1223, 1965.

VALADARES, R.F.D.; BRODERICK, G.A.; VALADARES FILHO, S.C. et al. Effect of replacing alfalfa with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.12, p.2686-2696, 1999.

Van SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.

VERBIC, J.; CHEN, X.B.; MACLEOD, N.A. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants. Effect of microbial nucleic acid infusion on purine derivative excretion by steers. **Journal of Agricultural Science**, v.114, p.243-248, 1990.

VIEIRA, P.F. **Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lípídeos em rações**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1980. 98p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1980.

WANG, C.; LIU, Q.; YANG, W.Z.; HUO, W.J.; DONG, K.H.; HUANG, Y.X.; YANG, X.M.; HE, D.C. Effects of glycerol on lactation performance, energy balance and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.151, n.1, p.12-20, May. 2008.

WILLIAMSON, D. H.; MELLANBY, J.; KREBS, H.A. Enzymic determination of d(-)- β -hydroxybutyric acid and acetoacetic acid in blood. **Biochemical of Journal**, v.82, p.90-96, 1962.

WILM, H.G. et al. Estimating forage yield by the double sampling method. **Journal of American Society of Agronomy**, v.36, p.194-203, 1994.

ZACARONI, O.F. **Respostas de vacas leiteiras à substituição de milho por glicerina bruta**. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 2010. 43p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal de Lavras, 2010.