

A Nutritime Revista Eletrônica é uma publicação bimestral da Nutritime Ltda. Com o objetivo de divulgar revisões de literatura, artigos técnicos e científicos bem como resultados de pesquisa nas áreas de Ciência Animal, através do endereço eletrônico: <http://www.nutritime.com.br>.

Todo o conteúdo expresso neste artigo é de inteira responsabilidade dos seus autores.

## Gérmen integral de milho na alimentação de vacas leiteiras: revisão de literatura

Lipídios, metabolismo ruminal, produção de leite, vacas lactantes.

Emizael Menezes de Almeida<sup>1\*</sup>

Alan Soares Machado<sup>2</sup>

Marcelo Marcondes de Godoy<sup>2</sup>

Anderli Divina Ferreira Rios<sup>3</sup>

Wiliam Henrique Diniz Buso<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Graduando em Zootecnia do Instituto Federal Goiano – Câmpus Ceres.

\*E-mail: [emizelmenezes@gmail.com](mailto:emizelmenezes@gmail.com)

<sup>2</sup> Professor Doutor do Instituto Federal Goiano – Câmpus Ceres

<sup>3</sup> Doutora em Produção Vegetal EA/UFG.

### RESUMO

A região Centro Oeste é a maior produtora de grão milho no país, o processamento desse grão para a alimentação humana gera coproduto. O gérmen integral de milho (GIM) é um desses coprodutos que pode ser usado como alternativa na formulação de rações e é indicado para bovinos com aptidão de leite e carne devido à energia, proteína, fibras e baixo teor de amido em comparação ao milho grão. Alimento rico em lipídios, adicionados à ração, provocam aumento da energia líquida consumida, o que resulta em acréscimos na produção de leite de até 2,0 a 2,5 kg/vaca/dia.

**Palavras-chave:** lipídios, metabolismo ruminal, produção de leite, vacas lactantes.

### GERM INTEGRAL CORN IN COWS MILK SUPPLY ABSTRACT

The Midwest region is the largest producer of grain corn in the country, the processing of that grain for human consumption generates coproduct. The full germ of corn (GIM) is one of these co-products that can be used as an alternative in feed formulation and is indicated for cattle aptitude of milk and meat because of the energy, protein, fiber and low starch content compared to corn grain. Food rich in lipids, added to feed, causing increase in the net energy consumed, which results in increases in milk production of up to 2.0 to 2.5 kg/cow/day.

**Keyword:** dairy cows, milk production, lipids, ruminal metabolism.

## INTRODUÇÃO

A vaca lactante é considerada a categoria animal mais exigente dos sistemas de produção de leite. Muitos produtores promovem a seleção de animais cada vez mais produtivos, o que faz com que a nutrição seja cada vez mais aperfeiçoada.

Na atividade leiteira, a nutrição dos animais é um dos aspectos mais importantes, devido aos custos dos alimentos, e em especial, do concentrado. Além disso, a nutrição é responsável pela produtividade das vacas lactantes (CASSOLI & MACHADO, 2007). Nessa situação, o fornecimento de milho em misturas concentradas garante a energia para serem atingidos os melhores desempenhos (LUCCI et al., 2008).

No Brasil, o milho é o segundo grão em volume ofertado. Na safra 2012/2013 a produção de milho foi de 79 milhões de toneladas, com aumento de 8,4% em relação à safra anterior. A região Centro Oeste é a maior produtora desse grão no país, com produção de 33 milhões de toneladas e o estado de Goiás se destaca como o quarto produtor nacional (CONAB, 2013).

Em média 60% do milho produzido no país é usado na produção de ração animal (ABIMILHO, 2014). Entretanto, esse grão pode ser substituído em rações para vacas lactantes por outros ingredientes como a polpa cítrica, a casca do grão de soja e por gérmen de milho, em busca de tornar o sistema de produção do leite mais competitivo, através do aproveitamento de coprodutos agroindustriais na formulação da ração (SCHALCH et al., 2001).

No processamento do milho para a alimentação humana, para cada 100 kg de milho em grãos, são produzidos, em média, 65 kg de amido, 3,0 kg de óleo, 20 kg de glúten, 4,5 kg de farelo de glúten e 3,2 kg de gérmen integral (HONEYMAM, 1989).

O gérmen integral de milho (GIM) é um coproduto que pode ser usado na formulação de rações e é indicado para bovinos com aptidão de leite e carne devido à energia, proteína, fibras e baixo teor de amido em comparação ao milho grão (ABDELQADER, 2009). A principal vantagem do uso de GIM é a maximização da ingestão calórica, essencial para manutenção da produção e do escore da condição corporal dos animais.

Suplementos lipídicos têm sido utilizados em dietas para animais lactantes com balanço energético negativo com o objetivo de aumentar a produção de leite e reduzir a mobilização corporal de gordura (SILVA et al., 2007).

No Brasil poucos estudos foram desenvolvidos visando à avaliação do GIM na alimentação de vacas lactantes. Assim, objetivou-se com este estudo avaliar os efeitos da inclusão do gérmen integral de milho, em substituição do milho grão, no desempenho e metabolismo de vacas lactantes.

## REVISÃO DE LITERATURA

### Gérmen integral de milho

O grão de milho (Figura 1) é uma cariopse formada por quatro estruturas físicas: o endosperma, constituído de amido e proteína (zeína), o pericarpo ou casca (fibras), a ponta e o gérmen (gluteína e lipídios), as quais diferem em composição química e distribuição no grão (PAES, 2006).

O GIM é composto pela plúmula, escutelo e radícula, representando 11% do grão de milho, mas, concentra 83% dos lipídios, 78% dos minerais, 26% das proteínas e 70% dos açúcares do grão (PAES, 2006).

A gordura presente no GIM é altamente insaturada, composta de aproximadamente 56% de ácido linoléico, 28% de ácido oléico, 11% de ácido palmítico, 2% de ácido esteárico, 1,3% de ácido linolênico e 0,5% de ácido araquidônico (MILLER et al., 2009).

O GIM é um coproduto do milho obtido na indústria por dois possíveis processos de degerminação a seco ou úmido (LEAL, 2000). Esses processos podem ocasionar diferenças consideráveis na composição do GIM (Tabela 1).

Na degerminação a seco, o grão do milho é submetido à limpeza e aumento da umidade até 21%. Em seguida é realizada a moagem em moinho de impacto ou atrito e a separação, do gérmen, do pericarpo e da ponta do endosperma, por peneiramento ou pelo emprego de correntes de ar (MATZ, 1991).

No processo de extração úmida, o grão de milho é submetido à limpeza e imersão em água aquecida com dióxido de enxofre, à maceração e, em seguida,

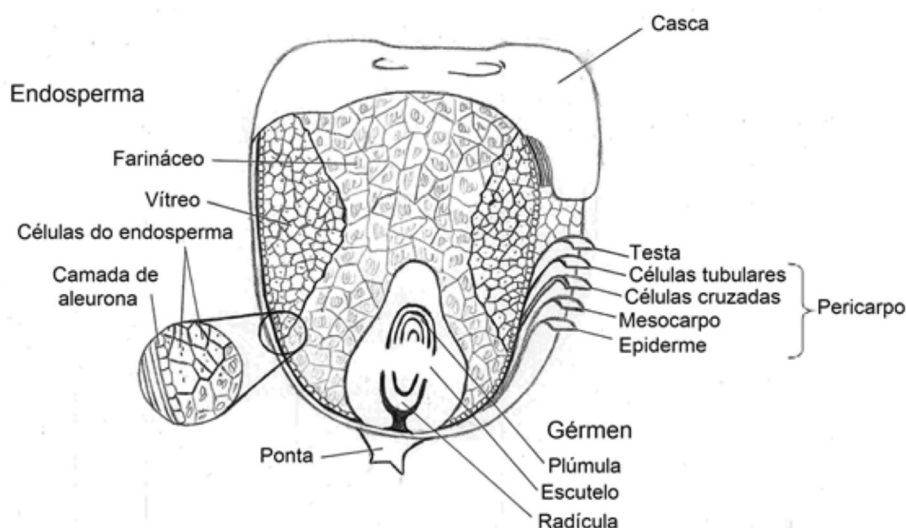


FIGURA 1. Anatomia do grão de milho. Fonte: Adaptado de PAES (2006).

a pasta formada é degerminada por centrifugação. O gérmen é separado das demais partes devido ser menos denso que o pericarpo, ponta e endosperma, e posteriormente pode ser usado para extração de óleo ou na alimentação animal (CRA, 2006).

O gérmen produzido na extração úmida apresenta em torno de 50% de lipídios, enquanto que no processo de moagem a seco apresenta aproximadamente 13% (MOREAU et al., 2005). Como o teor de lipídio é maior na via úmida sua produção é destinada a extração de óleo, enquanto o gérmen oriundo da via seca é destinado à alimentação animal (CRA, 2006).

#### Uso de lipídio na alimentação de vacas lactantes

O termo lipídio ou gordura é a definição genérica de compostos que possuem ácidos graxos de cadeia

longa e estrutura terminal com grupo carboxila, encontrados em grandes quantidades em sistema biológico, normalmente associados à molécula de glicerol ou outras estruturas que se ligam ao carbono terminal. Os ácidos graxos encontrados na natureza têm de 14 a 24 carbonos e são classificados como saturados ou insaturados (LEHNINGER, 2002).

Os lipídios estão presentes no corpo dos animais (10 a 40%), basicamente na forma de triglicerídeos, nas plantas forrageiras (1,5 a 3,5%), representados por galactolipídios e fosfolipídios, e em sementes de oleaginosas (18 a 20%), na forma de triglicerídeos. A maior parte dos ácidos graxos das plantas forrageiras e dos óleos vegetais é insaturada, enquanto a gordura animal é saturada (KOZLOSKI, 2009).

TABELA 1. Composição química e física do gérmen integral de milho, com base na matéria seca e no processo de degerminação.

| Processo | MS (%) | PB (%) | EE (%) | MM (%) | FDN (%) | D (g/L) | DGM (μm) | FONTE                    |
|----------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|--------------------------|
| Seco     | 89,47  | 8,96   | 5,76   | 2,08   | 16,44   | 612,1   | 1.334,8  | RODRIGUES et al. (2001)  |
| Seco     | 92,90  | 10,90  | 9,30   | -      | -       | -       | -        | BRITO et al. (2005)      |
| Seco     | 83,20  | 12,86  | 15,63  | 3,63   | -       | -       | -        | MIOTTO et al. (2009)     |
| Seco     | 83,20  | 12,90  | 15,60  | -      | 21,20   | -       | -        | CASTRO (2007)            |
| Seco     | 94,00  | 15,80  | 20,00  | -      | 24,50   | -       | -        | ABDELQADER et al. (2009) |
| Úmido    | -      | 13,00  | 44,00  | -      | -       | -       | -        | MILLER et al. (2009)     |
| Úmido    | 95,00  | 11,00  | 55,00  | -      | -       | -       | -        | CUSTÓDIO et al. (2010)   |

MS - Matéria Seca; PB - Proteína Bruta; EE - Extrato Etéreo; FDN - Fibra em Detergente Neutro; MM - Matéria Mineral; D - Densidade; DGM - Diâmetro geométrico médio.

As fontes de gordura utilizadas em rações para vacas leiteiras incluem óleos, sementes de oleaginosas in natura ou extrusadas, gordura amarela, gordura amarela hidrogenada, sebo, sebo parcialmente hidrogenado, sebo peletizado, ácidos graxos peletizados e sais de cálcio de ácidos graxos. Esses produtos variam suas características físicas e químicas que afetam a sua digestibilidade, bem como os efeitos associados ao consumo de matéria seca (ALLEN, 2000). Nesse sentido, a seleção de fontes de lipídios, com base no teor de gordura e composição de ácidos graxos, é importante por não comprometer a digestibilidade ruminal ou alterar a gordura do leite (MILLER et al., 2009).

Fontes de gordura, especialmente na forma protegida da degradação ruminal, como os sais de cálcio de ácidos graxos de cadeia longa, e fontes de gordura que possuem proteção natural, como sementes de oleaginosas inteiras ou parcialmente quebradas, possuem pouco efeito sobre a população microbiana, não apresentando toxicidade da gordura sobre os processos de degradação ruminal de nutrientes, especialmente da fibra (ALLEN, 2000).

O valor da gordura como combustível fisiológico é em média 9,40 Mcal/kg, equivalente a 2,25 vezes mais energia do que o carboidrato. A gordura é uma alternativa capaz de aumentar a densidade energética nas dietas, sem incorrer em aumentos do consumo de concentrado, melhorando o estado energético dos animais e permitindo maior aporte de energia para a síntese de leite e de seus componentes (BARLETTA, 2010).

Diante do intenso melhoramento genético de bovinos leiteiros nos últimos anos, o consumo de energia das vacas lactantes tornou-se fator limitante para a produção de leite. Esses animais, dependendo da fase de lactação, têm grandes demandas energéticas, excedendo em muitas ocasiões a capacidade de consumir energia da dieta, tornando o balanço energético negativo, fazendo com que o animal mobilize suas reservas corporais, o que pode resultar em redução do desempenho produtivo e problemas de saúde (COPPOCK & WILKS, 1991; HARVATINE & ALLEN, 2006).

A suplementação com lipídios pode reduzir o balanço negativo de energia em vacas lactantes no iní-

cio da lactação. Entretanto, o efeito benéfico dessa suplementação depende do tipo e da quantidade de lipídios oferecidos (ABEL-CAINES et al., 1998). Essa situação justifica o uso de fontes adicionais de gordura nas rações de vacas lactantes, pois as gorduras possibilitam aumento da densidade energética por unidade de matéria seca consumida, promovendo aumento do consumo de energia, sem aumentar a quantidade de carboidratos fermentáveis no rúmen e, dessa forma, prevenindo possíveis transtornos metabólicos que poderiam comprometer a saúde e o desempenho produtivo dos animais (GRUMMER, 1988).

Além disso, os lipídios usados na dieta de vacas leiteiras aumentam a capacidade de absorção de vitaminas lipossolúveis, fornecem ácidos graxos essenciais importantes para as membranas de tecidos e aumentam a eficiência produtiva dos animais que depositam grande quantidade de gordura em seus produtos (PALMQUIST & MATTOS, 2006).

Os parâmetros fermentativos do rúmen podem ser afetados pela adição de lipídios à dieta. Porém, a extensão dessa interferência depende tanto da fonte de lipídio como da quantidade que é adicionada à ração (MAIA et al., 2006). Quando a gordura é suplementada na dieta de ruminantes em níveis superiores a 5% da matéria seca observa-se redução na digestibilidade da fibra e queda no consumo de matéria seca (PALMQUIST & MATTOS, 2006).

Segundo NAGARAJA et al. (1997), ácidos graxos insaturados são tóxicos para as bactérias Gram-positivas, devido alteração na permeabilidade da parede celular, reduzindo a capacidade da célula regular o pH intracelular e captação de nutrientes. De acordo com STAPLES et al. (2001), a utilização de gordura suplementar para vacas pode resultar em aumento de 2,0 a 2,5 kg de leite/vaca/dia. Entretanto, ARAÚJO (2012), trabalhando com GIM na suplementação de vacas lactantes, não observou aumento na produtividade de leite. Essas variações podem ser atribuídas à redução da ingestão de alimento devido aos aspectos ligados a motilidade intestinal, aceitabilidade das dietas suplementadas com gordura, liberação de hormônios intestinais e oxidação das gorduras pelo fígado (ALLEN, 2000).

### Metabolismo ruminal de lipídios

Na digestão dos lipídios pelos ruminantes ocorrem dois processos, a lipólise e a biohidrogenação. A lipólise ocorre logo após a chegada do alimento no rúmen, sendo então os lipídios liberados da matriz pela degradação do alimento, promovendo a quebra dos triglicerídeos e liberando três ácidos graxos e um glicerol, sendo este fermentado até propionato e os ácidos graxos insaturados expostos ao processo de biohidrogenação (LANA, 2005).

As principais espécies de microrganismos que têm atividade lipolítica são a *Anaerovibrio lipolytica* (hidrolisa os triglicerídeos) e a *Butyrivibrio fibrisolvens* (hidrolisa os fosfolipídios e glicolipídios). Essas bactérias produzem uma enzima chamada de lipase extracelular, empacotada em partículas de membrana, compostas por proteínas, lipídios e ácidos nucleicos. Essa enzima hidrolisa acilglicerídeos e produz ácidos graxos livres. Após a quebra dos triglicerídios, galactolipídios, fosfolipídios ocorre a liberação de glicerol, galactose, fosfato e uma mistura de ácidos graxos de cadeia longa, saturados e insaturados (JENKINS, 1993).

Essa liberação é maior do que 85% (DOREAU et al., 1997), e reduzida, na medida em que há aumento do nível de lipídios na dieta (BEAM et al., 2000) e quando a atividade e crescimento das bactérias é inibida (DEMEYER & DOREAU, 1999). O glicerol, a galactose e o fosfato são utilizados pelos microrganismos como fontes de energia.

Os ácidos graxos são tóxicos aos microrganismos ruminais em especial as bactérias Gram-positivas (KOZLOSKI, 2009), sendo os principais mecanismos envolvidos nesse processo os efeitos tensoativos sobre as membranas microbianas e a diminuição na disponibilidade de cátions pela formação de sabões, além de reduzir o contato dos microrganismos com a partícula alimentar devido o recobrimento físico da fibra (SILVA et al., 2007). Os microrganismos mais suscetíveis à toxidez são as bactérias metanogênicas e os protozoários (PALMQUIST & MATTOS, 2006).

A biohidrogenação é um processo natural em que os microrganismos ruminais promovem a redução de duplas ligações dos ácidos graxos insaturados através da hidrogenação. Para que isso ocorra é necessá-

rio que existam ácidos graxos livres no rúmen. Esse processo depende da taxa de lipólise. As reações de biohidrogenação são realizadas para a autoproteção dos microrganismos, uma vez que os efeitos maléficos dos ácidos graxos saturados são menores que dos insaturados (OLIVEIRA et al., 2009). No entanto, a capacidade de realização desse procedimento é limitada, em função da quantidade de ácidos graxos livres no meio, da insaturação do ácido graxo, da fonte de ácidos graxos, do período de adaptação das bactérias (BEAM et al., 2000), da quantidade de carboidratos fermentáveis e da fibra no rúmen (LOCK, 2010).

Essa transformação é afetada pela composição da gordura usada, tempo de retenção e as características da população microbiana no rúmen-retículo (ALLEN, 2000). Os principais ácidos graxos são o linoléico e o linolênico. Os valores da biohidrogenação ruminal dos ácidos graxos é mais alta à medida que o grau de insaturação aumenta. Para a maioria das dietas, os valores da biohidrogenação do ácido linoléico e linolênico são de 70-95% e 85-100%, respectivamente (BEAM et al., 2000).

Os principais microrganismos responsáveis pela biohidrogenação são as bactérias *Butyrivibrio fibrisolvens*, *Anaerovibrio lipolytica* e *Propionibacter* sp. (PARIZA et al., 2001).

As bactérias ruminais envolvidas nesse processo foram classificadas em dois grupos, A e B, baseados em suas reações metabólicas. As bactérias do grupo A atuam sobre os ácidos graxos poli-insaturados da dieta até a formação de trans mono isômeros (sobretudo, trans-11 C18:1), enquanto as bactérias do grupo B hidrogenam esses ácidos graxos até à obtenção do produto final, C18:0 (KEMP & LANDER, 1984).

Para que o ácido graxo poli-insaturado seja completamente biohidrogenado (Figura 2), bactérias de ambos os grupos são necessárias. O passo inicial da biohidrogenação envolve a isomerização da dupla ligação cis-12 para a configuração trans-11, resultando em um ácido di- ou trienóico (1ª etapa). O próximo passo é a redução da dupla ligação cis-9, pela hidrogenação, formando o ácido graxo trans-11 (2ª etapa). O passo final (3ª etapa) é mais uma hidrogenação da

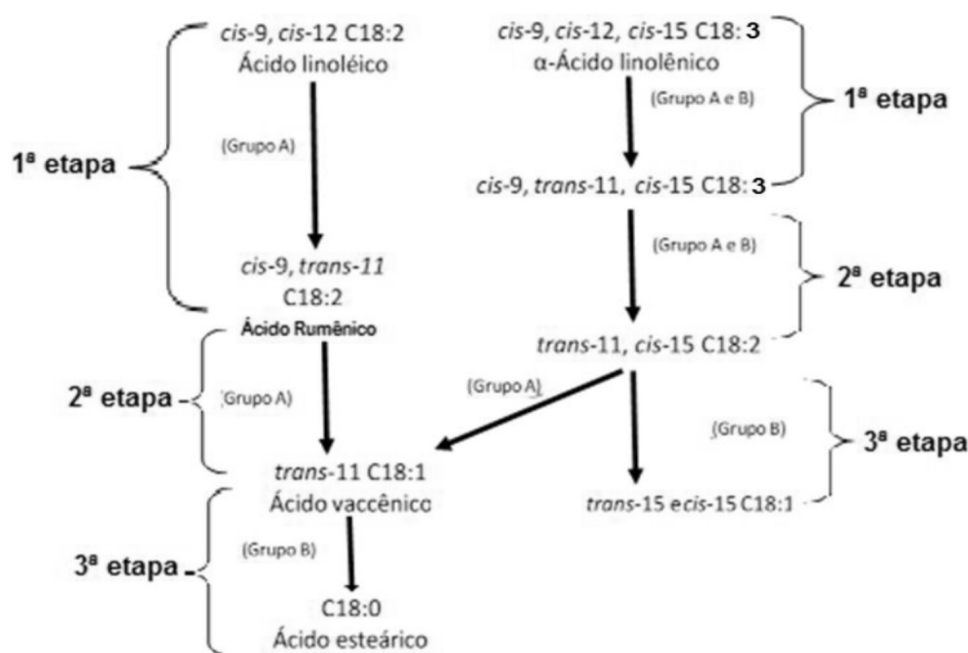


FIGURA 2. Biohidrogenação dos ácidos linoléico e linolênico. Fonte: HARFOOT & HAZLEWOOD (1997).

dupla ligação trans-11 produzindo ácido esteárico (via do ácido linoléico e linolênico) ou trans-15 C18:1 (via do ácido linolênico) (HARFOOT & HAZLEWOOD, 1997).

Durante o metabolismo de lipídios há três possíveis destinos dos ácidos graxos das rações de ruminantes: oxidação, transferência para o leite e deposição na gordura corporal. Nesse contexto, o metabolismo e a digestão de lipídios têm considerável importância, pois tanto o metabolismo ruminal como a digestão pós-ruminal estão diretamente ligados à eficiência de utilização dos ácidos graxos (COPPOCK & WILKS, 1991).

### DIGESTIBILIDADE INTESTINAL DE LIPÍDIOS

Como consequência do metabolismo ruminal, os lipídios que entram no intestino delgado consistem de ácidos graxos saturados, principalmente esteáricos e palmíticos e ainda ácidos graxos insaturados que não sofreram a biohidrogenação. Análises dos lipídios que chegam ao intestino delgado têm mostrado que eles são idênticos àqueles que saem do rúmen. Portanto, não existe absorção ou modificação significativa dos ácidos graxos de cadeia média e longa no omaso ou abomaso (NOBLE, 1981).

O grau de insaturação é a mais importante característica que influencia a digestibilidade, provavelmente

por afetar a formação de micelas e o movimento dos ácidos graxos através da camada de água adjacente às microvilosidades do intestino delgado (NRC, 2001), ou por serem reesterificados mais rapidamente dentro do enterócito, facilitando sua remoção do citosol, aumentando, com isso, a taxa de absorção (WU et al., 1991).

De acordo com o NRC (2001) o aumento no grau de insaturação de ácidos graxos fornecidos nas dietas pode aumentar a digestibilidade de ácidos graxos. Porém reduções no consumo de matéria seca, porcentagem de gordura do leite e digestibilidade da fibra são indicadores que a fermentação ruminal foi alterada pela suplementação de gordura.

Os lipídios chegam ao duodeno de duas formas, uma aderida às partículas fibrosas da digesta e outra na forma de micelas. A absorção de ácidos graxos ocorre, predominantemente, na região do jejuno e com menor intensidade no duodeno e no íleo. No intestino delgado os ácidos graxos ficam sob ação dos sais biliares e do suco pancreático formando micelas, que são absorvidas pelas células intestinais (KOZLOSKI, 2009).

Dentro das células intestinais, os ácidos graxos são reesterificados em triglicerídeos, fosfolipídios e éste-

res de colesterol para serem transportados, inicialmente para o sistema linfático, e depois para a circulação sanguínea. Em todas as espécies a formação de micelas pode ser considerada o principal fator para o processo de solubilização e, portanto, a fase decisiva para a eficiência de absorção de ácidos graxos (BAUMAN & LOCK, 2006).

#### **PARÂMETROS DE FERMENTAÇÃO RUMINAL EM VACAS LACTANTES ALIMENTADAS COM LIPÍDIOS**

O ambiente ruminal é responsável por algumas transformações (lipólise e biohidrogenação) nos lipídios da dieta, alterando, com isso, sua composição e perfil dos ácidos graxos que chegam ao duodeno (OLIVEIRA, 2001).

VARGAS et al. (2002) relatam que a maioria das pesquisas sobre o uso de lipídios saturados e insaturados tem demonstrado pequenos ou insignificantes efeitos sobre os parâmetros ruminais. Segundo JENKINS (1993), a variação dos efeitos das fontes de gordura sobre a fermentação ruminal pode ser atribuída ao grau de insaturação dos ácidos graxos e a forma física do alimento.

De acordo com LIN et al. (1995), o uso de óleo em rações para ruminantes apresenta efeitos desejáveis, como redução da produção de metano, aumento na eficiência da síntese microbiana e aumento de ácido linoléico conjugado (CLA) no leite. Por outro lado, apresenta efeitos indesejáveis, como a redução na digestibilidade da matéria seca (VARGAS et al., 2002).

#### **Ácidos Graxos de Cadeia Curta**

A principal fonte de energia para os ruminantes são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) acético, propiônico e butírico produzidos no rúmen pela fermentação microbiana de carboidratos e, em alguns casos, da proteína dietética (ANTUNES & RODRIGUES, 2006). Os suplementos lipídicos insaturados, em doses elevadas, causam efeito tóxico sobre as bactérias do rúmen, sobretudo a população celulolítica (NAGARAJA et al., 1997), alterando a proporção acetato:propionato. A suplementação lipídica também tem sido associada com a redução da população de protozoários (PALMQUIST & MATTOS, 2006), o que pode alterar as proporções de ácidos graxos.

ARAÚJO (2012), trabalhou com três quantidades (0, 50 e 100%) de GIM, em substituição ao grão de milho na dieta de vacas leiteiras, não encontrou diferença significativa entre as concentrações de AGCC, assim como na relação entre acetato e propionato (C2):(C3).

FERNANDES et al. (2002), em trabalho de pesquisa com cinco níveis de extrato etéreo (2,67; 3,59; 4,53; 5,85 e 6,90%) na dieta de vacas lactantes, com a inclusão do caroço de algodão nas proporções de 0, 6,12,18 e 24% da MS, verificaram efeito quadrático nas concentrações de ácidos acético, propionato e butirato.

#### **Nitrogênio amoniacal**

Os níveis de amônia no rúmen são importantes na síntese de proteína microbiana. A amônia ruminal é originada da degradação proteica da dieta, da hidrólise de fontes de nitrogênio não-proteico, da uréia reciclada no rúmen e da lise da proteína microbiana. Sua concentração é utilizada como indicador da degradação proteica, da eficiência de utilização do nitrogênio da dieta e do crescimento microbiano (RUSSELL et al., 1992).

Para LENG & NOLAN (1984) a concentração de amônia para a máxima síntese de proteína microbiana pode variar de 15 a 20 mg N-NH<sub>3</sub>/100 mL de fluido, dependendo da dieta.

VAN NEVEL & DEMEYER (1988) observaram aumento de eficiência da síntese microbiana e redução da concentração de N-NH<sub>3</sub> ruminal em vacas recebendo óleo na dieta. Isso ocorreu, provavelmente, devido ao efeito sobre a defaunação (redução na população de protozoários) e/ou pela redução na população de bactérias desaminadoras. Mesmo ocasionando alterações na microbiota ruminal, a inclusão de lipídios na alimentação de ruminantes pode levar ao aumento da eficiência microbiana, pois os microrganismos passam a poupar ATP da síntese de ácidos graxos por estes já estarem presentes na dieta (METZ, 2009).

#### **Potencial hidrogeniônico**

Com a seleção para aumento da produtividade, a fibra na dieta de bovinos, em especial de vacas lactantes, tem sido reduzida em detrimento ao concentrado, o que tem promovido a redução do pH. O pH ruminal

sofre variação diária entre as vacas e até mesmo dentro de um mesmo animal durante os ciclos de alimentação sucessivos. Apesar dessas variações, as vacas podem ter semelhanças consideráveis na composição bacteriana ruminal (PALMONARI et al., 2010).

De acordo com NAGARAJA & TITGEMEYER (2007) isso ocorre em decorrência da diferença metabólica entre as espécies de microrganismos do ambiente ruminal, que tem sua atividade metabólica paralisada quando há grande diferença entre o pH do meio ruminal e o pH citoplasmático do microrganismo. No entanto, as bactérias acidofílicas são capazes de reduzir o pH intracelular na mesma proporção que diminui o extracelular, mantendo um gradiente de pH entre o meio externo e o citoplasma relativamente constante.

Dessa forma, as espécies de bactérias que degradam fibra cessam seu crescimento quando o pH do meio diminui a valores abaixo de 6,0, enquanto as bactérias amilolíticas diminuem a taxa de crescimento, mas continuam a crescer mesmo em pH próximo a 5,0. No entanto, algumas espécies de bactérias, em pH neutro produzem acetato e etanol como produtos metabólicos, com o decréscimo do pH do meio passam a produzir lactato (STROBEL & RUSSEL, 1986). O acúmulo de lactato faz o pH ruminal cair mais rapidamente, visto que esse ácido é mais forte do que os outros AGCC (NAGARAJA & TITGEMEYER, 2007).

À medida que o pH ruminal decresce, ocorre a inibição da população de microrganismos consumidores de lactato e realizadores da biohidrogenação (WEIMER et al., 2010). Como resultados ocorrem reduções do consumo de matéria seca, diminuição da digestibilidade da fibra, decréscimos da síntese de proteína microbiana e depressão da gordura do leite (LECHARTIER & PEYRAUD, 2010).

O rúmen possui três mecanismos de regulação do pH que são a absorção dos ácidos oriundos do processo de fermentação, a salivagem e a passagem de ácidos e outros produtos para o abomaso (ALLEN, 1997). De acordo com MAEKAWA et al. (2002) a produção de saliva é estimulada pela atividade de mastigação, esta por sua vez é influenciada pela concentração de fibra do alimento, pelo tamanho de partícula da dieta e pela degradabilidade ruminal da fibra.

Levando em consideração esses fatores, MERTENS (1997) propôs que são necessários pelo menos 22% de fibra efetiva (FDNe) na dieta de vacas leiteiras para que se mantenha a atividade de mastigação e pH ruminal acima de 6,0. Além disso, segundo o NRC (2001), é necessário que pelo menos 19% de fibra total da dieta de vacas lactantes sejam provenientes das forragens.

De acordo com ANTUNES & RODRIGUEZ (2006) algumas medidas devem ser tomadas para controlar o pH ruminal, entre elas, o balanceamento de carboidratos na dieta, o monitoramento do tamanho de partícula das forragens fornecidas, a adaptação gradativa do rúmen ao aumento de concentrado na dieta e até mesmo o controle do fornecimento de concentrado. CHRISTENSEN et al. (1994) não observaram efeito de dietas suplementadas com óleo de milho e sebo bovino sobre o pH ruminal, mas as concentrações de amônia e de isovalerato reduziram.

O pH ruminal reflete diretamente as características da dieta, além de afetar não só produtos finais da fermentação, mas também a taxa de crescimento das bactérias e dos protozoários, podendo, dessa forma, ocorrer variações nos microrganismos predominantes no rúmen (LAVEZZO et al., 1998). Segundo HOOVER (1986) a faixa de pH ideal para a ótima digestão da fibra varia de 6,2 a 7,0.

#### **EFEITO DE LIPÍDIOS SOBRE A INGESTÃO DE MATÉRIA SECA**

A ingestão de matéria seca (IMS) é o principal fator que afeta o desempenho animal e é de fundamental importância em nutrição, porque determina a quantidade de nutrientes disponíveis para manutenção da vida e a produção de um animal. Com o acréscimo da IMS há o aumento da taxa de passagem ruminal e o tempo de permanência do alimento no rúmen é reduzido, de modo que a extensão da lipólise e biohidrogenação são diminuídas. Desse modo pode afetar a forma da gordura que flui para o duodeno e o padrão de ácidos graxos de cadeia longa (MOATE et al. 2004).

De acordo com MERTENS (1992), a IMS é regulada por três mecanismos: o psicogênico, que envolve a resposta do animal a fatores inibidores ou estimuladores (alimento e/ou ao ambiente); fisiológico, onde a regulação é fornecida pelo balanço nutricional; e o

físico, relacionado à capacidade de distensão do rúmen. Segundo ALLEN (2000) e BARLETTA (2010) há evidências de que a ingestão de matéria seca é afetada pela presença de gordura, tendo em vista que influencia a fermentação ruminal, a motilidade intestinal, a aceitabilidade da dieta com suplemento, a liberação de peptídeos e os mecanismos que controlam a ingestão de alimentos.

Fontes de óleos vegetais ricas em ácidos graxos poli-insaturados (oléico, linoléico e linolênico) foram avaliadas na dieta de vacas leiteiras e verificaram que a ingestão de matéria seca não foi alterada pela fonte de gordura (KELLY et al., 1998). Entretanto, HARVATINE & ALLEN (2006) verificaram redução na IMS quando foram incluídos 2,5% de ácidos graxos (saturados e insaturados) na dieta de vacas leiteiras (8% de ácidos graxos na MS).

Em estudo com GIM para vacas lactantes, ABDELQADER et al. (2009) verificaram efeito quadrático sobre a IMS com inclusões de 7, 14 e 21%. Esses autores observaram aumento da IMS com a inclusão de até 14% do gérmen de milho na dieta dos animais.

#### **EFEITO DE LIPÍDIOS SOBRE A PRODUÇÃO DO LEITE DE VACAS LACTANTES**

No Brasil a produção, a porcentagem de gordura e da proteína do leite são as características produtivas mais enfatizadas pelos serviços de controle leiteiro, considerando os sistemas de pagamento do leite com base no volume e nos teores de gordura (CARVALHO et al., 1995).

A utilização de gordura dietética suplementar para vacas leiteiras pode resultar em acréscimos na produção de leite de até 2,0 a 2,5 kg/vaca/dia, condicionando esses resultados a adaptação dos animais as dietas contendo gordura e ao tempo suficiente de avaliação para responderem as dietas ricas em energia (STAPLES et al., 2001). De acordo com ABDELQADER et al. (2009) a inclusão na dieta de até 2,3% de gordura suplementar, proveniente do gérmen de milho, não tem efeito algum na produção e composição do leite.

Segundo DePETERS & CANT (1992) fontes de alimento rico em lipídios, adicionadas à ração, provocam aumento da energia líquida consumida, o que re-

sulta em aumento na produção de leite, uma vez que o incremento da energia consumida permite melhorar a eficiência de produção.

#### **EFEITO DE LIPÍDIOS SOBRE A COMPOSIÇÃO DO LEITE DE VACAS LACTANTES**

Uma das fontes da gordura do leite são os lipídios circulantes na corrente sanguínea, provenientes da absorção intestinal dos lipídios da dieta e da mobilização do ácido graxo do tecido adiposo. Estima-se que 50% da gordura do leite têm origem nos ácidos graxos circulantes, sendo que 88% destes são de origem dietética e os outros 12% de origem endógena (GRUMMER, 1991).

Valores esses que podem ser reduzidos, de acordo com GRINARI et al. (1998) verificaram aumento na concentração do isômero C18:1 trans-10 em dietas com fontes de gordura que provocaram depressão na gordura do leite, indicando este isômero como responsável. CHOUINARD et al. (1999) e BAUMGARD et al. (2000) que observaram decréscimo na síntese de ácidos graxos de cadeia curta (C4:0 a C14:0) em condições de depressão da síntese de gordura do leite e sugeriram que o ácido linoléico conjugado (CLA) poderia exercer algum efeito inibidor nas enzimas relacionadas com a síntese de novo de ácidos graxos na glândula mamária.

O mecanismo pelo qual o CLA reduz a síntese de gordura do leite está associado à inibição da síntese de novo ácido graxo, através da presença de trans-10, cis-12, (BAUMGARD et al, 2000; BAUMGARD et al, 2002), que reduz a atividade de enzimas envolvidas na síntese de gordura do leite, a  $\Delta$  9-desaturase e a esteroil-CoA (CHOUINARD et al. 1999).

Dessa forma, a depressão da concentração e produção de gordura do leite é afetada pela incompleta biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no ambiente ruminal, promovendo a passagem dos isômeros C<sub>18:2</sub> trans-10, cis-12 e de C18:1 trans-10, que na glândula mamária reduz a expressão do gene lipogênico e a atividade da enzima acyl transferase, responsáveis pela redução da síntese de novo de ácidos graxos (BAUMAN & GRINARI, 2003).

Quanto ao teor de proteína do leite, sua redução pode ser decorrente do simples efeito de diluição, promo-

vido pelo aumento da produção de leite quando são fornecidas rações para vacas com adição de gordura (GARNSWORTHY, 2002) ou por variação nas concentrações das frações proteicas no leite, como a concentração de caseína, ou de alguns hormônios (WU & HUBER, 1994) como a progesterona, que suprime a ação da prolactina, responsável pela síntese do leite, descrita por GONZÁLEZ (2001).

Têm sido reportadas na literatura outras teorias como: “deficiência de glicose” descrita por CANALE et al. (1990) onde a redução da síntese de proteína do leite ocorre devido à redução da produção de proteína microbiana, assim o número de aminoácidos no animal seria reduzido devido os mesmos serem utilizados na gliconeogênese; a “resistência a insulina”, descrita por PALMQUIST & MOSER (1981) demonstram ocorrer altas taxas de insulina em vacas leiteiras que receberam altas quantidades de gordura nas dietas, estas gorduras poderiam causar resistência à insulina a qual poderia reduzir o fluxo de aminoácidos na glândula mamária para a síntese de proteína do leite; a “eficiência energética para a produção de leite”, relatada por BARLETTA (2010), onde haveria aumento do aproveitamento de glicose para a síntese de lactose, acarretando acréscimo na produção de leite e diminuição do fluxo sanguíneo mamário, o que levaria a redução do fornecimento de aminoácidos para a síntese de proteína do leite e por consequência a redução da concentração de proteína no leite.

Assim, a inclusão do gérmen de milho integral na dieta de vacas lactantes como fonte alternativa de ingrediente com alta disponibilidade energética, deve-se dar atenção, à sua composição nutricional, a disponibilidade regional e ao custo. Uma vez que, trata-se de um ingrediente rico em extrato etéreo, a sua inclusão em excesso pode proporcionar alterações no desempenho e metabolismo de vacas lactantes.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gérmen integral de milho pode ser utilizado como alternativa em substituição do milho grão na formulação de rações para vacas leiteiras. Alimento rico em lipídios visa aumentar a densidade energética da dieta em 2,25 vezes mais do que o carboidrato, sem alterar a relação volumoso: concentrado ou aumentar

o incremento calórico da dieta, esse representa uma forma de atender as demandas energéticas das vacas lactantes que é a categoria animal mais exigente dos sistemas de produção de leite.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDELQADER, M. M.; HIPPEN, A. R. KALSCHUR, K. F.; SCHINGOETHE, D. J.; KARGES, K. M. GIBSON L. Evaluation of corn germ from ethanol production as an alternative fat source in dairy cow diets. **Journal of Dairy Science**. v. 92, p.1023–1037. 2009.
- ABIMILHO. Associação Brasileira das Indústrias de Milho. **Oferta e demanda do milho no Brasil**. Disponível: <http://www.abimilho.com.br/estatistica>. Acesso: 22 maio 2014.
- ABEL-CAINES, S. F.; GRANT, R.J.; MORRISON, M. Effect of soybean hulls, soy lecthin, and soapstock mixtures on ruminal fermentation and milk composition in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.81, p.462-470, 1998.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p.1598–1624. 2000.
- ALLEN, M. S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n.7, p.1447-1462, 1997.
- ANTUNES, R. C.; RODRIGUES, N. M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. “In”: BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; PIRES, A. V. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: FUNEP, 2006, Cap.8, p-229-253.
- ARAÚJO, E. P. **Substituição do milho triturado pelo gérmen integral de milho em dietas de vacas leiteiras mestiças**. 2012. 54f. Dissertação (Ciência Animal), Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO.
- BARLETTA, R. V. **Grão de soja cru e integral na alimentação de vacas leiteiras**. 2010. 96f. Dissertação (Nutrição e Produção Animal), Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Pirassununga-SP.
- BAUMAN, D. E.; LOCK, A. L. Concepts in lipid digestion and metabolism in dairy cows. In: TRI-S-TATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 15, 2006, West Lafayette, Cornell University, **Proceedings**....14p. 2006.

- BAUMAN, D. E.; GRIINARI, J. M. Nutritional regulation of milk fat synthesis. **Annual Review of Nutrition**, v.23, p.203–227, 2003.
- BAUMGARD, L. H.; MATITASHVILI, E. B.; CORL, B. A.; DWYER, D. A.; BAUMAN, D. E. trans-10, cis-12 Conjugated Linoleic Acid Decreases Lipogenic Rates and Expression of Genes Involved in Milk Lipid Synthesis in Dairy Cows. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.2155–2163, 2002.
- BAUMGARD, L. H.; CORL, B. A.; DWYER, D. A.; SAEBO, A.; BAUMAN, D. E. Identification of the conjugated linoleic acid isomer that inhibits milk fat synthesis. **American Journal Physiology**, v.278, p.179–184, 2000.
- BEAM, T. M.; JENKINS, T. C.; MOATE, P. J.; KOHN, R. A.; PALMQUIST, D. L. Effects of amount and source of fat on the rates of lipolysis and biohydrogenation offatty acids in ruminal contents. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2564-2573, 2000.
- BRITO, A. B.; STRINGHINI, J. H.; CRUZ, C. P.; XAVIER, S. A. G.; SILVA, L. A. F.; CAFÉ, M. B.; LEANDRO, N. S. M. Avaliação Nutricional do Gérmen integral de milho para aves. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 19-26, 2005.
- CANALE, C. J.; BURGUESS, P.L.; MULLER, L. D.; VARGA, G. A. Calcium salts of fatty acids in diets that differ in neutral detergent fiber: effecton lactation performance and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.1031-1038, 1990.
- CARVALHO, A.L.; TANEZN, C.A.; COSTA, F.M.A.; PONTES, I.S.; ROCHA, J.M.; CERQUEIRA, M.B.S.; ALESSANDRO, W.T. **Qualidade do leite do Centro-Oeste**, Goiânia: Editora da UFG, 1995. 189p.
- CASSOLI, L. D.; MACHADO, P. F. Interpretação das análises de leite visando otimização do balanceamento da dieta e manejo nutricional. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE LEITE, 8, 2007, Uberlândia – MG, **Anais...**, Piracicaba, 2007. 177-190p.
- CASTRO, K. J. **Desempenho bioeconômico e respostas comportamentais de novilhas leiteiras alimentadas com subprodutos agroindustriais**. 2007. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal Tropical) – Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal do Tocantins, Araguaína.
- CHRISTENSEN, R. A.; CAMERON, M. R.; CLARK, J. H. Effects of amount of protein and ruminally protected amino acids in the diet of dairy cows fed supplemental fat. **Journal of Dairy Science**, v.77, n.6, p.1618-1629, 1994.
- CHOUINARD, P.Y.; CORNEAY, L.; BARBANO, D. M.; METZGER, L. E.; BAUMAN, D. E. Conjugated linoleic acids alter milk fatty acid composition and inhibit milk fat secretion in dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.129, n.8, p.1579-1574. 1999.
- CONAB. **Levantamento de safra**. Disponível: <http://www.conab.gov.br/conteudos>. Acesso: 20 jul, 2013.
- COPPOCK, C. E.; WILKS, D. L. Milk yield, and composition supplemental fat in high-energy rations for lactating cows: effects on intake, digestion. **Journal Animal Science**, v. 69, p. 3826-3837, 1991.
- CRA – CORN REFINERS ASSOCIATION. **Corn wet milled feeds products**. Ed. 4. Washington, D.C., 2006. 31p.
- CUSTÓDIO, L. R.; RABELLO, C. B. V.; SERAFIM, J. E.; SANTOS, P. A.;BARBOSA, E. N. R.; LOPES, C. C.; RODRIGUES, T. T.; VALADARES, C. G. Composição físico-química e conservação do gérmen de milho integral para aves. In: X JORNADA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO – JEPEX 2010 – **Resumos**, UFRPE: Recife, 18 a 22 de outubro 2010.
- DEMEYER, D.; DOREAU, M. Targets and procedures for altering ruminantmeat and milk lipids. **Proceedings of the Nutrition Society**. v.58, p.593-607, 1999.
- DePETERS, E. J.; CANT, J. T. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.8, p. 2043-2070, 1992.
- DOREAU, M.; DEMEYER, D. I.; VAN NEVEL, C. J. Transformation and effects ofunsaturated fatty acids in the rumen: consequences on milk fat secretion. In: WELCH, R. A. S., BURNS, D. J. W., DAVIS, S. R. A., POPAY, I., PROSSER, C. G. (Eds.) **Milk Composition, Production and Biotechnology**. p. 73-92. CAB International,Wallinford, Oxfordshire, UK. 1997.
- FERNANDES, J. J. de R.; PIRES, A. V.; SANTOS, F. A. P.; SUSIN, I.; SIMAS, J. M. C. Teores de caroço de algodão em dietas contendo silagem de milho para vacas em lactação. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 4, p. 1071-1077, 2002.
- GARNSWORTHY, P. C. Fat in dairy cow diets. In: Recent Developments in ruminant nutrition. **J. Wi-**

- seman, PC Garnsworthy, Norttingham University Press, 600 p, 2002.
- GERVARIS, R.; McFADD EN, J. W.; LENG, A. J.; CORL, B. A.; CHOUINARD, P.Y. Effects of intravenous infusion of trans-10, cis-12 on mammary lipid metabolism in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 92, p. 5167-5177, 2009.
- GONZÁLEZ, F. H. D. Composição bioquímica do leite e hormônios da lactação. In: GONZÁLEZ, F. H. D.; DURR, J. W.; FONTANELI, R. S. **Uso do leite para monitorar a nutrição e o metabolismo de vacas leiteiras**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRS, Cap. 1, p. 5-21, 2001.
- GRINARI, J. M; CHOUINARD, P.Y.; BAUMAN, D. E. Trans fatty acid hypothesis of milk fat depression revised. In: Cornell Nutrition Conference Feed Manufactures, **Proceedings**.....Ithaca, 1997.
- GRUMMER, R. R. Influence of prilled fat and calcium salt of palm oil fatty acids on ruminal fermentation and nutrient digestibility. **Journal of Dairy Science**, v.71, n.1, p.117-123.1988.
- GRUMMER, R. R. Effect of feed on the composition of milk fat. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3244-3257, 1991.
- HARFOOT, C. G.; HAZLEWOOD, G.P. Lipid metabolism in the rumen. In: HOBSON, P.N. (Ed.) **The rumen microbial ecosystem**. London: Elsevier, p.285-322. 1997.
- HARVATINE, K. J.; ALLEN, M. S. Effects of fatty acids supplements on milk yield and energy balance of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 89, p. 1081-1091, 2006.
- HONEYMAM, M. S. **Corn gluten feed as a principal feed ingredient for gestating swine**: Effects on long term reproductive performance and energy, lysine and tryptophan utilization. 1989. 120f. Philosophy Doctor - Iowa State University.
- HOOVER, W. H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. **Journal of Dairy Science**, v.69, n.10, p. 2755-2766, 1986.
- JENKINS, T. C. Lipid metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.76, p. 3851-3863, 1993.
- KELLY, M. L.; BERRY, J. R.; DWYER, D. A. GRINARI, J. M.; CHOUINARD, P.Y.; VAN, M.E.A.; BAUMAN, D.E. Dietary fatty acid sources affect conjugated linoleic acid concentrations in milk from lactating dairy cows. **Journal of Nutrition**, v.128, p.881-885, 1998.
- KEMP, P.; LANDER, D.J. Hydrogenation in vitro of  $\alpha$ -linolenic acid to stearic acid by mixed cultures of pure strains of rumen bacteria. **Journal of General Microbiology**, v.527-533, p.30, 1984.
- KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. 2. Ed. Santa Maria – RS, UFSM; 216p. 2009.
- LANA, R. P. **Nutrição e alimentação animal (mitos e realidades)**. Viçosa: UFV, 2005. 344 p.
- LAVEZZO, O. E. N. M.; LAVEZZO, W.; WECHSLER, F. S. Estádio de desenvolvimento do milho. Avaliação de silagens por intermédio de parâmetros de fermentação ruminal. **Revista Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 21, p.171-178, 1998.
- LEAL, E.S. **Extração, obtenção e caracterização parcial de ácido fítico do germe grosso de milho e aplicação como antioxidante**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2000.
- LECHARTIER, C.; PEYRAUD, J. L. The effects of forage proportion and rapidly degradable dry matter from concentrate on ruminal digestion in dairy cows fed corn silage-based diets with fixed neutral detergent fiber and starch contents. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n. 2, p. 666-681, 2010.
- LENG, R. A.; NOLAN, I. V. Nitrogen metabolism in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v.67, n.5, p.1072-1089, 1984.
- LEHNINGER, A. L. **Princípios da bioquímica**. 3. Ed. São Paulo: Sarvier; 2002.
- LIN, H.; BOYSLON, T. D.; CHANG, M. J.; LUEDECKE, L. O. Survey of the conjugated linoleic acid contents of dairy products. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 11, p. 2358 – 2365, 1995.
- LOCK, A. L. Update on Dietary and Management Effects on milk fat. In: TRI STATE DAIRY NUTRITION, n. 19, 2010, Fort Wayne, **Proceedings**... Fort Wayne: Tri-State Dairy Nutrition Conference, p.15-26. 2010.
- LUCCI, C. de S.; FONTOLAN, V.; HAMILTON T. R.; KLU, R.; WICKBOLD, V. Processamento de grãos de milho para ruminantes: Digestibilidade aparente e “in situ”. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 45, n. 1, p. 35-40, 2008.
- MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K. A.; CHRISTENSEN, D. A. Chewing activity, saliva production, and ruminal pH of primiparous and multiparous lacta-

- ting dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n.5, p.1176-1182, 2002.
- MAIA, F. J.; BRANCO, A. F.; MOURO, G. F.; CONGLIAN, S. M.; SANTOS, G. T.; MINELLA, T. F.; MACEDO, F. A. F. M. Inclusão de fontes de óleo na dieta de cabras em lactação: digestibilidade dos nutrientes e parâmetros ruminais e sanguíneos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1496-1503, 2006.
- MATZ, S. A. Wet ereals as dry milling of corn. In: **The chemistry and technology of food and feed**. 2 ed. New York; Van Nostrand Reinhold, cap. 15, 751p, 1991.
- MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n.7, p. 1463-1481. 1997.
- MERTENS, D. R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...**, Lavras: SBZ, p.1-33, 1992.
- METZ, P. A. M. **Fontes de gordura na dieta de novilhos terminados em confinamento Santa Maria**, 2009. 115f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria.
- MILLER, W. F.; SHIRLEY, J. E.; TITGEMEYER, E. C.; BROUK, M. J. Comparison of full-fat corn germ, whole cottonseed, and tallow as fat sources for lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v.92, n.7, p.3386-3391, 2009.
- MIOTTO, F. R. C.; NEIVA, J. N. M.; VOLTOLINI, T. V.; ROGÉRIO, M. C. P.; CASTRO, K. J. Desempenho produtivo de tourinhos Nelore x Limousin alimentados com dietas contendo gérmen de milho integral. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, n. 4, p. 624-632, 2009.
- MOATE, P.; CHALUPA, J. W.; JENKINS, T. C.; BOSTON, R. C. A model to describe ruminal metabolism and intestinal absorption of long chain fatty acids. **Animal Feed Science and Technology**, v.112, p. 79–105, 2004.
- MOREAU, R. A.; JOHNSTON, D. B.; HICKS, K. B. The influence of moisture content and cooking on the screw pressing and prepressing of corn oil from corn germ. **Journal of the American Oil Chemist Society**, v.82, n.11, p.851-854, 2005.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2001. 408p.
- NAGARAJA, T.G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P. N, Stewart. C. S. (eds). **The rumen microbial ecosystem**. Blackie e professional. London. p. 523-632. 1997.
- NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYER, E. C. Ruminal acidosis in beef cattle: the current microbiological and nutritional outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 90, Suplemento E, p.17-38, 2007.
- NOBLE, R. C. Digestion, transport and absorption of lipids. In: Christie, W. W. (Ed.) **Lipid metabolism in ruminant animals**. p. 57-93. Pergamon Press Ltd., Oxford,UK. 1981.
- OLIVEIRA, R. L.; BAGALDO, A. R.; LADEIRA, M. M.; BARBOSA, M. A. A. F.; OLIVEIRA, R. L.; JAEGER, S. M. P. L. Fontes de lipídeos na dieta de búfalas lactantes: consumo, digestibilidade e N-uréico plasmático. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.3, p.553-559, 2009.
- OLIVEIRA, S. G. **Utilização de fontes de gordura em dietas com diferentes níveis de fibra para vacas em lactação**. 2001. 71p. Dissertação (Ciência Animal e Pastagem), Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP.
- PAES, M. C. D. Aspectos Físicos, Químicos e Tecnológicos do Grão de Milho. **Circular Técnica 75**. Embrapa. Sete Lagoas, MG, 2006.
- PALMONARI, A.; STEVENSON, D. M.; MERTENS, D. R.; CRUYWAGEN, C. W.; WEIMER, P. J. pH dynamics and bacterial community composition in the rumen of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 93, n.1, p.279-287, 2010.
- PALMQUIST, D. L.; MATTOS, W.R S. Metabolismo de lipídeos. In: BERCHIELI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Funep, p.287-310. 2006.
- PALMQUIST, D. L.; MOSER, E. A. Dietary fat effects on blood insulin, glucose utilization, and milk protein content of lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.64, p.1664-1670.1981.
- PARIZA, M.W.; PARK, Y.; COOK, M.E. The biologically active isomers os conjugated linoleic acid. **Progress in Lipid Research**, v.40, p.283-298, 2001.
- RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; BARBOZA, W. A.; SANTANA, R. T. Valores Energéticos do Milheto, do Milho e

- Subprodutos do Milho, Determinados com Frangos de Corte e Galos Adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1767-1778, 2001.
- RUSSEL, J. B.; O'CONNOR, J. D.; FOX, D. J. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.2551-3561, 1992.
- SCHALCH, F. J.; SCHALCH, E.; ZANETTI, M. A.; BRI-SOLA, M. L. Substituição do milho em grão moído pela polpa cítrica na desmama precoce de bezerros leiteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 280-285, 2001.
- SILVA, M. M. C.; RODRIGUES, M. T.; BRANCO, R. H.; RODRIGUES, C. A. F.; SARMENTO, J. L. R.; QUEIROZ, A. C.; SILVA, S. P. Suplementação de lipídios em dietas para cabras em lactação: consumo e eficiência de utilização de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.257-267, 2007.
- STAPLES, C. R.; THATCHER, W. W.; MATTOS, R. Fat supplementation strategies for lactating dairy cows diets. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE BOVINOCULTURA DE LEITE, 2., 2001. Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, p. 161-178, 2001.
- STROBEL, H. J.; RUSSELL, J. B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**. v.69, n.11, p.2941-2947, 1986.
- VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N. **The ruminal microbial ecosystem**. Essex: Elsevier, p.387-443, 1988.
- VARGAS, L. H.; LANA, R. P.; JHAM, G. N.; SANTOS, F. L.; QUEIROZ, A. C.; MANCIO, A.B. Adição de lipídios na ração de vacas leiteiras: parâmetros fermentativos ruminais, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.1, p.522-529.2002.
- WEIMER, P. J.; STEVENSON, D. M.; MERTENS, D. R. Shifts in bacterial community composition in the rumen of lactating dairy cows under milk fat-depressing conditions. **Journal of Dairy Science**. v.93, n.1, 265-278. 2010.
- WU, Z.; HUBER, J.T. Relationship between dietary fat supplementation and milk protein concentration in lactating cows: a review. **Livestock Production Science**, v. 39, n. 2, p.141-155, 1994.
- WU, Z.; OHAJURUKA, O. A.; PALMQUIST, D. L. Ruminal synthesis, biohydrogenation and digestibility of fatty acids by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n.9, p.3025-3034, 1991.