



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Utilização de óleos essenciais na mitigação da metanogênese

Rayssa Camargo de Oliveira¹; Mauricio Scoton Igarasi²

¹Graduanda do curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia/MG, e-mail: rayssacamargo@yahoo.com.br

²Professor da disciplina de Bovinocultura da Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Uberlândia/MG, e-mail:mauricio@famev.ufu.br

Resumo

O Brasil é um grande produtor de condimentos e plantas aromáticas, os quais são empregados tanto pela indústria alimentícia quanto pelas indústrias farmacêuticas e de cosméticos principalmente. Dessas plantas, são extraídos os óleos essenciais que apresentam propriedades antimicrobianas. Além disso, o Brasil possui o maior rebanho comercial de bovinos do mundo e por utilizar forrageiras tropicais como base da alimentação destes animais, tem sido indicado como importante produtor de metano. Isso ocorre porque a fermentação entérica é responsável por 22 % das emissões de metano, 3,3 % do total de gases de efeito estufa. Na tentativa de mitigar esse processo trabalhos vêm sendo realizados testando o efeito desses óleos essenciais sobre a metanogênese.

Palavras-chave: bovinocultura, efeito estufa, plantas aromáticas, ruminantes

Use of essential oils in mitigation of methanogenesis

Astract

Brazil is great producer of seasonings and aromatics herbs, which are used in cosmetic, food and pharmaceutical industries. Essential oil with antimicrobial proprieties is extracted from these plants. Further, Brazil is the largest commercial cattle herd in the world, with system production based for grazing, therefore Brazil has been indicated as a important source methane emissions. The enteric fermentation is responsible for 22% of methane emissions, 3.3% of greenhouse gases. In the effort to mitigate methane geneses, researches have been conducted about effect of essential oils in methane geneses process.

Keywords: aromatics herbs, greenhouse effect, livestock, ruminants

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o tema mudanças climáticas, ao lado das questões econômicas e de segurança, passou notoriamente a fazer parte do rol das principais preocupações da sociedade. Isso porque, essas mudanças são causadas pela intensificação das atividades humanas que potencializaram o fenômeno natural da Terra que é o efeito estufa.

O efeito estufa é resultante do balanço de entrada e saída de radiação solar do planeta, tendendo ao aquecimento da superfície da Terra (Figura 1). Os principais gases responsáveis pelo efeito estufa adicional são: o dióxido de carbono (CO_2), o metano (CH_4), o óxido nitroso (N_2O), clorofluorcarbonos (CFCs) e ozônio (O_3) (LIMA, 2000).

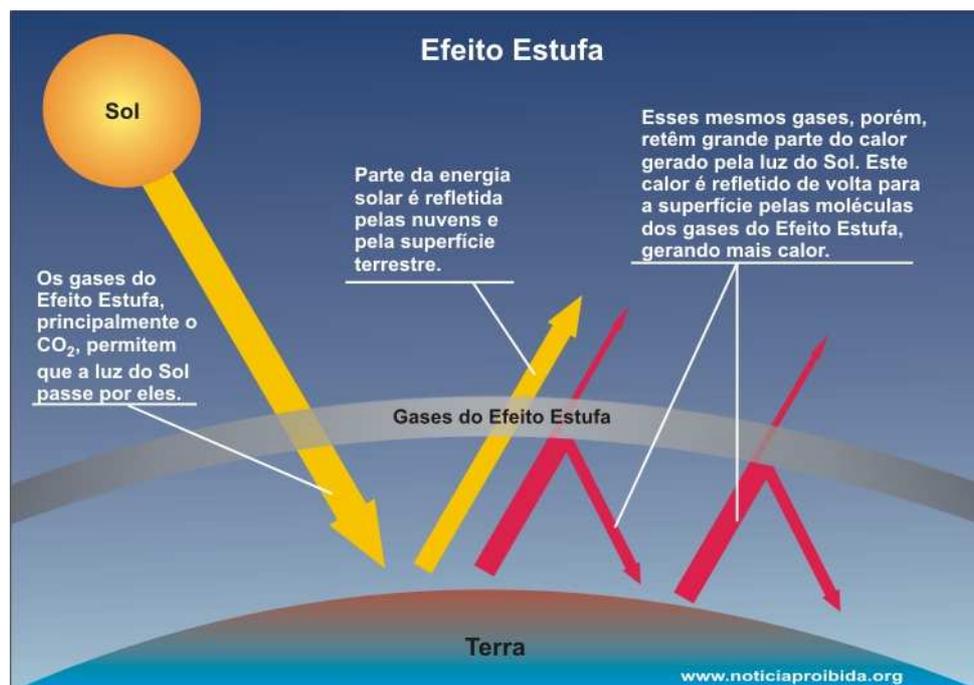


Figura 1: Esquema explicativo da intensificação do efeito estufa natural.

Uma das formas de produção do metano (CH₄) é pela fermentação entérica anaeróbica de alimentos de vários animais, principalmente os ruminantes, dentre os quais o gado bovino, caprino, e ovino. O grande problema é que esse gás metano apresenta um "efeito estufa potencial" 25 vezes maior do que o dióxido de carbono (CO₂). Estima-se que a população mundial de ruminantes é responsável pela produção de 15% de todo o gás metano da atmosfera. Além disso, o metano produzido pelos ruminantes (Figura 2), representa cerca de 2 a 15% de perda de energética dos alimentos destes animais (MOSS, 2000). Dessa forma, o metano produzido por ruminantes é reconhecidamente um problema ambiental.

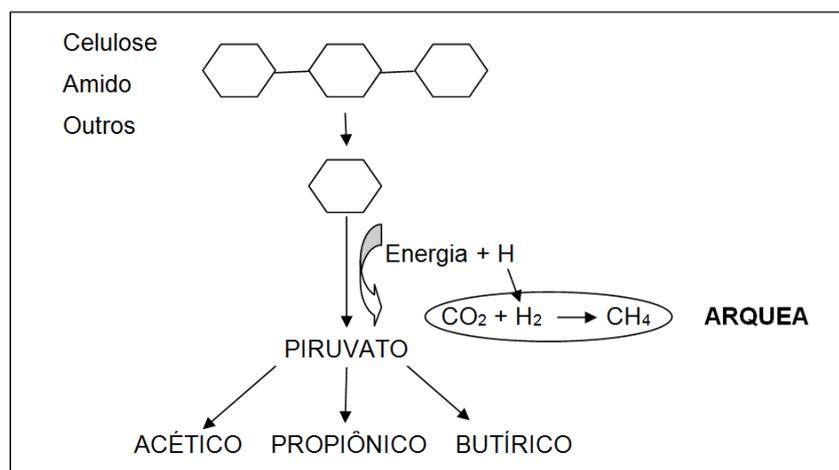


Figura 2. Esquema da metanogênese em animais ruminantes. (BERNDT, 2009).

Conseqüentemente, o investimento em pesquisa para se minimizar a produção de metano por ruminantes têm sido significativo. Foram desenvolvidos vários aditivos químicos para serem incorporados ao alimento do gado para se diminuir a produção de metano. Porém, vários destes aditivos apresentam certo grau de toxicidade, e atuam apenas de maneira parcial; muitos não são completamente degradados no trato digestivo destes animais, e podem gerar resíduos químicos indesejáveis; finalmente, alguns destes aditivos são antibióticos para reduzir a flora de bactérias que produzem metano (bactérias metanogênicas), e estas bactérias podem adquirir resistência a esses antibióticos. Ou seja, tais aditivos químicos estão longe de ser a solução ideal para a redução da emissão de gases metano por ruminantes.

Uma alternativa é o uso de plantas que apresentam substâncias químicas que inibem bactérias metanogênicas, ou ainda a produção de metano por estas bactérias. Essas plantas apresentam substâncias químicas conhecidas como produtos do metabolismo secundário das plantas (produtos naturais), que interagem com os microorganismos da flora dos ruminantes e podem contribuir significativamente para a redução da produção de metano (QUÍMICA VIVA, 2010).

Assim, esse trabalho tem o intuito de reunir informações a respeito da utilização de óleos essenciais que são uma das classes de compostos de metabólitos secundários, na redução da metanogênese. Dessa forma, busca-se incentivar a pesquisa do efeito de mais espécies vegetais do grupo das aromáticas que são as produtoras desses óleos e são pouco estudadas frente à riqueza e diversidade das mesmas.

2. ÓLEOS ESSENCIAIS

O Brasil é um grande produtor de condimentos e plantas aromáticas, os quais são empregados tanto pela indústria alimentícia quanto pelas indústrias farmacêuticas e de cosméticos principalmente. Dessas plantas, é possível extrair os óleos essenciais que são líquidos oleosos voláteis dotados de aroma forte, quase sempre agradável, extraídos de plantas por alguns processos específicos, sendo o mais frequente a destilação por arraste de vapor de água (RODRIGUES, 2002).

O termo óleo, segundo Ugaz (1994) provavelmente se origina do fato que o aroma de uma planta ocorre nas glândulas ou entre as células em forma líquida, o qual, como os óleos graxos, são imiscíveis em água. A palavra essencial é derivada do latim (quinta essência) que significa o quinto elemento, notação dada a esses óleos, já que a terra, o fogo, o vento e a água, foram considerados os quatro primeiros elementos (ROGRIGUES, 2002).

Os óleos essenciais são de uma maneira geral, uma mistura muito complexa de hidrocarbonetos, alcoóis e aromáticos, encontrados em todos tecido vivo de plantas em geral concentrados na casca, nas flores, nas folhas, nos rizomas e nas sementes (ARAÚJO, 1995).

A finalidade dos mesmos, segundo Taiz e Zieger (2004) é promover proteção contra predadores (ex: insetos e animais herbívoros), microorganismos patogênicos e outros eventuais invasores. Também conferem odor e cor aos vegetais atuando como mensageiros químicos entre a planta e o

ambiente, de maneira a atrair insetos polinizadores e animais dispersores de sementes.

Os compostos mais importantes dos óleos essenciais são incluídos em dois grupos químicos: terpenóides (monoterpenos e sesquiterpenos) e fenilpropanóides (Figura 3). Até o presente momento, já foram catalogados aproximadamente 25.000 diferentes compostos terpênicos. Os terpenos são compostos que ocorrem em todas as plantas e compreendem uma classe de metabólitos secundários com uma grande variedade estrutural (RAVEN *et al.* , 2001). Os terpenos são formados pela fusão de unidades isoprênicas de cinco carbonos; quando submetidos a altas temperaturas, podem se decompor em isoprenos, podendo referir-se, ocasionalmente, a todos os terpenos como isoprenóides (TAIZ e ZEIGER, 2004). Os fenilpropanóides são substâncias naturais amplamente distribuídas nos vegetais e constituídas por um anel aromático unido a uma cadeia de três carbonos e derivadas biossinteticamente do ácido chiquímico (JAKIEMI, 2008).

Embora todos os órgãos de uma planta possam acumular óleos voláteis, sua composição pode variar segundo a localização como, por exemplo, o óleo das cascas da canela é rico em aldeído cinâmico, enquanto que o das folhas e das raízes desse mesmo vegetal são ricos em eugenol e cânfora, respectivamente (JAKIEMI, 2008).

Também a composição química de um óleo volátil, extraído de um mesmo órgão de uma espécie vegetal, pode variar significativamente, de acordo com a época de coleta, condições climáticas e do solo. Também são muito conhecidos desde a Antiguidade por possuir atividade biológica, por suas propriedades antibacteriana, antifúngica e antioxidante.

Em virtude dessa característica antimicrobiana dos óleos essenciais é que se começou a testar a utilização dessas substâncias sob a flora ruminal no intuito de verificar o efeito e talvez mitigar a metanogênese.

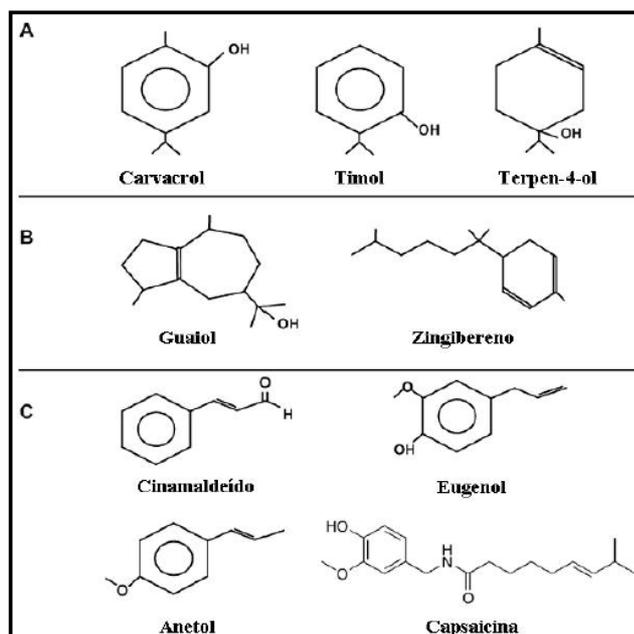


Figura 3- Formula estrutural de alguns óleos essenciais já investigados no ambiente ruminal. A: monoterpenos; B: sesquiterpenos, C: fenilpropanóides (ARAUJO, 2010).

3. PANORAMA DA BOVINOCULTURA BRASILEIRA

A rápida expansão do crescimento da população humana tem elevado a demanda por proteína de origem animal. Assim, é de fundamental importância melhorar os sistemas de produção animal, com vistas a atender a crescente demanda sem expandir áreas e produzir mais gases estufa.

As emissões globais desses gases geradas a partir dos processos entéricos são estimadas em 80 milhões de toneladas anuais, correspondendo a cerca de 22% das emissões totais de metano geradas por fontes antrópicas (LIMA, 2000). A produção de metano dá-se também a partir dos dejetos animais, principalmente quando manipulados na forma líquida, em condições de anaerobiose. As emissões globais de metano provenientes dessa fonte são estimadas em cerca de 25 milhões de toneladas por ano, correspondendo a 7% das emissões totais de metano (IPCC, 1995).

No Brasil, 68% da pecuária é representada por bovinos (87% de corte e 13% de leite, aproximadamente), com pouco mais de 205 milhões de animais em 2009 (IBGE, 2012), sendo considerado o maior rebanho bovino do mundo com fins comerciais. Grande parte desses animais é do tipo zebuino, criados em sistemas predominantemente extensivos, de baixo investimento de capital. O aumento da produção animal é devido, em grande parte, ao elevado número de animais e não tanto da produtividade. A produtividade média anual de leite no país, como exemplo, é de pouco mais de 1.000 kg/vaca/ano, para um total de 17 milhões de vacas ordenhadas, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, e, mesmo assim, a produção nacional, em 1998, totalizou cerca de 20 bilhões de litros.

Do total das emissões de metano no Brasil, a pecuária, através da fermentação entérica e dos dejetos, contribui com cerca de 96% do total, com emissões estimadas em 9,7 toneladas de CH₄, em 1994. Desse total, a pecuária bovina contribui com 96% das emissões, sendo que as outras categorias de animais (bubalinos, muares, caprinos, asininos, equinos e suínos), juntas, são responsáveis pelos 4% restantes das emissões de metano. As emissões provenientes de suínos são consideradas negligenciáveis (1 kg CH₄/animal/ano) (LIMA, 2000).

Os fatores de emissão de metano, que são obtidos a partir do consumo de alimento e da taxa de sua conversão em metano, variam em função do sistema de produção e das características dos animais. Para bovinos de leite, por exemplo, os valores médios de fatores de emissão podem variar de 81 a 118 kg de metano/animal/ano na América do Norte e em países do leste europeu, respectivamente, enquanto, em países africanos e asiáticos, estimam-se emissões entre 36 a 56 kg de metano/animal/ano (IPCC, 1995). A intensidade da emissão de metano depende do tipo de animal, da quantidade e grau de digestibilidade da massa digerida e do esforço ao qual o animal é submetido. Em bovinos, a taxa de conversão em metano é estimada, em média, em 6% da energia bruta do alimento ingerido. Desde que a produção de metano varia de acordo com a quantidade e qualidade do

alimento digerido, as várias modalidades e condições de sistemas de criação de animais domésticos implicam fatores diferentes de emissão de metano (LIMA, 2000).

É sabido que ruminantes manejados extensivamente podem ter suas emissões reduzidas por meio da melhoria da digestão fermentativa no rúmen, administrando-se dietas a base de uréia e de proteínas e fornecendo nutrientes vitais. No Brasil, onde a maior parte das emissões de metano provém de áreas extensivas de pastagem, a suplementação alimentar de gado em pasto com proteínas constitui um fator limitante para significativa parte das propriedades rurais.

Devem ser, pois, investigadas alternativas alimentares, em função dos recursos naturais, condições climáticas e estrutura sócio-econômica específicas de cada região. O aumento da produtividade animal por meio de suplementação alimentar, controle de zoonoses, melhoramento genético e de taxas de reprodução, e outras melhorias, pode contribuir para a estratégia de redução das emissões de metano por unidade de produto (EMBRAPA, 1999) e devem, portanto ser pesquisadas como o efeito do uso de óleos essenciais.

A melhoria da eficiência de conversão dos alimentos em produtos como carne, leite, lã, pêlo e pele envolve a competência e a interação de variáveis biológicas como o genótipo, os hormônios, o metabolismo, dentre outras, estando à nutrição dos animais intimamente ligada as respostas que são esperadas. Assim, nos últimos 30 anos, o uso de produtos classificados como promotores do crescimento têm sido feito com esta finalidade e, dentre esses, incluem os compostos anabólicos e antibióticos (BAGG, 1997).

Dentro dessa ótica, segundo Rangel (2008), pesquisadores, técnicos e produtores têm procurado manipular e melhorar a eficiência da fermentação ruminal significando, na prática, aumentar a produção de propionato, deprimir a metanogênese, diminuir a proteólise e a deaminação das proteínas do alimento no rúmen. Estas mudanças levam, positivamente, a melhoria na eficiência produtiva dos ruminantes.

Entretanto, devido a questões de saúde pública, em 2006 a União Europeia banuiu o uso de antibióticos como promotores do crescimento (OJEO, 2003), sendo os ionóforos uma das classes proibidas mesmo não havendo comprovações científicas de que esses causem resistência microbiana aos antibióticos (RUSSELL e HOULIHAN, 2003). Então como a União Europeia é uma grande importadora de produtos animais e formadora de opinião é provável que em breve se consiga pressionar a adesão geral da proibição do uso desses produtos nas dietas dos animais ruminantes.

Embasado em aspectos de proteção mercadológica o Brasil, por ser detentor do maior rebanho comercial de bovinos do mundo e por utilizar forrageiras tropicais como base da alimentação destes animais, tem sido indicado como um importante produtor de metano, fato que pode ser utilizado como embargo aos produtos da pecuária destinados à exportação.

Na convenção das Nações Unidas realizada em 2005, houve comprometimento por parte do governo brasileiro ao assinar o Protocolo de Kyoto em avaliar e executar alternativas para reduzir a emissão dos gases de efeito estufa. Atualmente, as pressões ambientais indicam ser a redução da emissão de metano de origem pecuária, um dos principais fatores para nortear as pesquisas com a produção de ruminantes (MACHMÜLLER, 2006).

4. O PROCESSO DA METANOGÊNESE

O metano é produzido em condições anaeróbias por microrganismos metanogênicos presentes no ambiente ruminal (LASSEY *et al.*, 1997), sendo influenciado pela idade e nível produtivo do animal. A sua produção é modulada principalmente pela presença de dióxido de carbono e de hidrogênio livres no ambiente ruminal, onde, a partir do hidrogênio livre, ocorre a redução do dióxido de carbono por microrganismos metanogênicos, com consequente formação de metano.

O metano entérico é derivado da atividade das *Archaea* metanogênicas (Figura - 4: gêneros *Methanobrevibacter*, *Methanobacterium*,

Methanomicrobium e *Methanosarcina*), um grupo microbiano distinto das *Eukarya* (protozoários e fungos) e *Bacteria*, possuindo cofatores (coenzima M, F420 e F430) e lipídeos (ésteres de isopranil glicerol) únicos. As bactérias metanogênicas são extremamente importantes para o funcionamento normal do rúmen e manutenção da fermentação, apesar de responderem por pequena parte da biomassa microbiana ruminal (JANSSEN e KIRS, 2008).

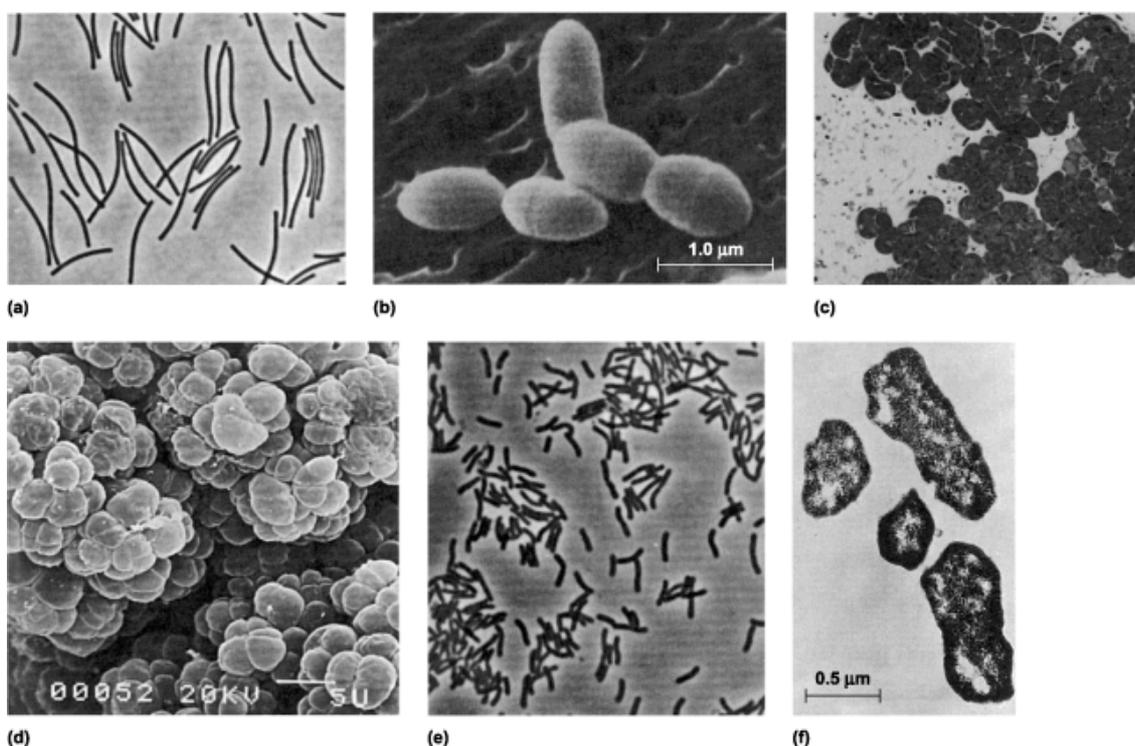


Figura 4: Bactérias metanogênicas. (a) *Methanospirillum hungatei*; ($\times 2000$). (b) *Methanobrevibacter smithii*. (c) *Methanosarcina barkeri* microscópio eletrônico de transmissão ($\times 6000$). (d) *Methanosarcina mazei*; scanning microscópio eletrônico, barra de escala = 5 μm . (e) *Methanobacterium bryantii*; fase de contraste ($\times 2000$). (f) *Methanogenium marisnigri*; microscópio eletrônico ($\times 45,000$). (PRESLOTT, 2001)

Ionóforos (ex: monensina sódica) são os aditivos comerciais mais utilizados na manipulação da fermentação natural e na melhoria da eficiência alimentar. Os mesmos têm sido definidos como substâncias de baixo peso

molecular capazes de interagir passivamente com íons e cátions modulando-os, servindo assim como veículo de transporte para estes íons, através da membrana celular (RUSSEL e STROBEL, 1989).

São geralmente bacteriostáticos e não, bactericidas. As bactérias Gram-negativas têm uma camada lipídica externa que contém porina (canais de proteína - Figura 5) com tamanho limite de 600 Da e como a maioria dos ionóforos é maior que 600 Da, não ultrapassam as porinas, já nas Gram-positivas, a monensina pode penetrar na membrana celular.

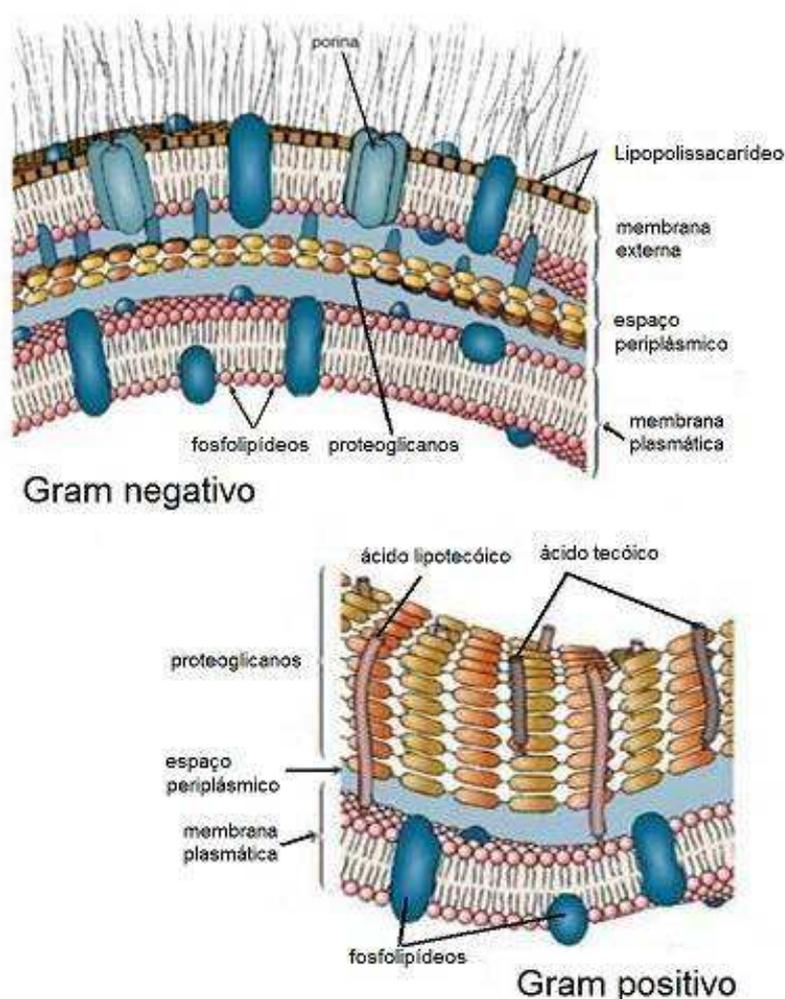


Figura 5: Esquema diferenciando a parede das bactérias Gram negativas e positivas.

Segundo Carvalho (2011), os ionóforos alteram o fluxo de cátions por meio da membrana que realiza o transporte de cátions Na^+ / K^+ e o influxo de prótons, resultando no abaixamento de pH intracelular. Então, a monensina catalisa um fluxo de prótons em mudança com o sódio. Para conter a queda de pH pelo influxo de prótons e sódio, a célula transporta prótons para fora por meio da bomba Na^+ / K^+ e da enzima próton-ATPase.

Inicialmente, a célula ainda consegue metabolizar glicose; no entanto, com o passar do tempo, ela diminui seu metabolismo interno para sobreviver. Isso se deve ao gasto de energia com as bombas de Na^+ / K^+ e de próton-ATPase, fazendo com que ocorra um declínio de ATP intracelular, o que faz com que a célula se mantenha em estado de letargia ou venha a morrer. Assim esses aditivos alteram a fermentação no rúmen, especialmente na relação acetato C2/ propionato C3, reduzem a concentração de amônia pela menor degradação de proteínas e diminuem a produção de gás metano. As respostas são expressivas, especialmente para bovinos em pastejo, cujos incrementos de ganho de peso podem atingir a cifra de 16% (CARVALHO, 2011).

Assim, o modo de ação dos ionóforos no rúmen se deve a modificação da produção de ácidos graxos voláteis havendo um aumento da concentração de ácido propiônico, modificação da ingestão de alimentos, redução de 5% a 7% da ingestão de alimentos de dietas ricas em grãos. Além disso, modifica a produção de gases, a utilização de proteínas ocorrendo à redução da hidrólise de proteína por microrganismos ruminais, modifica em geral diminuindo o enchimento/taxa de passagem do rúmen e reduz a incidência de timpanismo. Esse efeito é atribuído à diminuição da viscosidade do fluido ruminal ou devido à diminuição da produção de muco por protozoários (CARVALHO, 2011).

5. ÓLEOS ESSENCIAIS E A METANOGÊNESE

Na tentativa de reproduzir os benefícios ruminais dos ionóforos, pesquisadores exploram as propriedades antimicrobianas dos compostos

secundários vegetais. Araujo (2010) testou *in vitro* adicionando etanol o uso de óleos essenciais de Erva- baleeira (*Cordia verenacea*), Aroeira- vermelha (*Schinus terebinthifolius*), Macela (*Achyrocline satureoides*), Guaco (*Mikania glomerata*), Carqueja (*Baccharis cylindrica*), Arnica (*Lychnophora pinaster*), Capim cidreira (*Cymbopogon citratus*), Capim limão (*Cymbopogon flexuosus*), Citronela (*Cymbopogon winterianum*) como manipulares da fermentação. Com a excessão de Baleeira e Macela que pouco alteraram a fermentação ruminal, os outros óleos essenciais apresentaram claro efeito antimicrobiano, evidenciado pela queda na degradação de substrato principalmente com aroeira vermelha e arnica.

Em geral, óleos essenciais promovem maior inibição em bactérias gram-positivas, mas seus efeitos sobre as gram-negativas que são as produtoras de propionato também são conhecidos. A camada externa das bactérias gram-negativas é rica em lipopolissacarídeo e promove proteção extra contra várias substâncias incluindo óleos essenciais e ionóforos (ARAUJO, 2010).

Hristov e seus colaboradores (2009), ao avaliarem o efeito da inclusão de ácido láurico e óleo de coco (que contém 45% de ácido láurico e 18% de ácido mirístico), verificaram que o óleo de coco tendeu a reduzir a concentração total de ácidos graxos voláteis no fluído ruminal. Além disso, o ácido láurico e o óleo de coco reduziram a concentração ruminal de butirato, aumentaram a concentração de propionato e diminuíram a relação acetato/propionato. Não foi observado efeito dos tratamentos para a concentração ruminal de acetato, ácidos graxos de cadeia ramificada e valerato.

Esses autores também avaliaram o efeito dos tratamentos sobre a produção de metano (grama/hora) e verificaram que o óleo de coco foi efetivo em deprimir a produção deste gás, não havendo diferença entre o grupo controle e o suplementado com ácido láurico, que produziram quantidades bastante superiores de metano. Segundo os autores, o ácido mirístico parece potencializar o efeito mitigador da produção de metano do ácido láurico.

Dohme *et al.* (1999) avaliaram o papel dos protozoários ciliados ruminais na supressão da produção de metano causada pelo óleo de coco. Os tratamentos

experimentais consistiam em óleo de coco ou gordura inerte no rúmen com a utilização de rúmen faunado ou defaunado (fatorial 2 x 2), utilizando a técnica RUSITEC (rúmen artificial). Foi verificado que a defaunação reduziu a produção de metano em aproximadamente 40% independentemente da dieta. Com a inclusão de óleo de coco, a produção de metano declinou gradualmente (mais lentamente do que a defaunação) tanto em animais faunados quanto em defaunados.

Independente da condição ruminal (presença ou ausência de protozoários) a população ruminal metanogênica foi deprimida pelo óleo de coco. Estes resultados, segundo os autores, sugerem que o óleo de coco tem potencial para deprimir a metanogênese independente da condição ruminal.

Patra *et al.* (2010) também avaliaram *in vitro* o efeito de alguns extratos naturais sobre a metanogênese usando as seguintes plantas: cravo-da-índia, erva-doce, cebola, alho e gengibre. Os autores verificaram que os extratos obtidos a partir de erva-doce, cravo e alho, na dose de 0,5 mL, inibiram a produção de metano. O extrato obtido a partir do alho, na dose de 0,5 mL reduziu a relação acetato:propionato. Os autores também verificaram redução no número total de protozoários, pequenos entodimorfos e holotrichios com a utilização do extrato de cravo-da-índia.

Com relação ao metabolismo do nitrogênio, Busquet *et al.* (2006) observaram que muitos óleos essenciais (extraídos da erva-doce, pimenta, gengibre, cravo-da-índia, alho e canela) e seus principais componentes (carvacrol, eugenol, carvona, cinamaldeído e anetol) inibiram significativamente a concentração de amônia quando utilizados em altos níveis (3.000 mg/L). Entretanto, os autores afirmam que os resultados foram marginais com doses moderadas (300 mg/L) e ausentes com baixos níveis (3 mg/L).

Observou-se *in vitro* que o óleo de alho e o di-ali-di-sulfeto (300 mg/L) reduziram a produção de CH₄ em 74% e 69%, respectivamente, efeito mais pronunciado do que o observado para a monesina (42% de redução)

(BUSQUET *et al*, 2005a). O mesmo grupo de pesquisadores verificou que estas substâncias aumentaram a proporção de propionato e reduziram a de acetato (BUSQUET *et al*, 2005a, 2005b).

Além do efeito indireto na redução de CH₄ pelo aumento de propionato, sugere-se que o óleo de alho possui efeito sobre as metanogênicas, mediada pela ação de seus compostos organossulfurados sobre a enzima HMG-CoA (BUSQUET *et al*, 2005a, 2005b). Em estudos *in vitro* de mais longa duração, a adição de 20 µg/mL de alicina reduziu a produção de CH₄ sem efeitos sobre o padrão de AGCC e concentração de NH₃ (McALLISTER e NEWBOLD, 2008). Por análises por PCR (reação em cadeia da polimerase) em tempo real, esses autores observaram diminuição do DNA metanogênico sem alteração na quantidade de DNA bacteriano.

Santurio *et al* (2011) avaliaram a atividade antimicrobiana dos óleos essenciais de *Origanum vulgare* (orégano), *Thymus vulgaris* (tomilho), *Cinnamomum zeylanicum* (canela), *Lippia graveolens* (orégano mexicano), *Zingiber officinale* (gingibre), *Salvia officinalis* (sálvia), *Rosmarinus officinalis* (alecrim) e *Ocimum basilicum* (manjeriço) frente a amostras de *Escherichia coli* isoladas de fezes de aves (n=43) e de bovinos (n=36). Os autores observaram atividade antimicrobiana para os óleos essenciais de orégano, orégano mexicano, tomilho, canela. Para todas as amostras testadas, independente de sua origem, os óleos essenciais mais e menos efetivos quanto à atividade antimicrobiana foram o orégano e a canela, respectivamente.

Além desses resultados também Souza *et al* (2012) identificaram atividade antimicrobiana contra *Escherichia coli* no óleo essencial de *Rhaphiodon echinus* através da técnica Pour Plate em poços por difusão em meio sólido.

Por fim, é necessário comentar o grande empecilho da utilização de óleos essenciais que reside no alto custo desse aditivo, pois na maior parte dos casos não há retorno econômico favorável para sua adoção o que pode inviabilizar a sua utilização em larga escala (Chizzotti *et al.*, 2012). Esse custo

pode ser reduzido se houver a produção em maior escala das plantas aromáticas que são as matérias primas, possibilitando o uso de sistemas de extração de maiores dimensões e eficientes.

6. CONCLUSÕES

A flora bacteriana do rúmen pode ser manipulada com sucesso se essas manipulações forem consistentes dentro dos princípios da ecologia microbiana, ou seja, respeitando a fisiologia e modo de ação de cada espécie para que não se tenha prejuízo na fermentação.

Dessa forma, se verifica que há um grande potencial no uso dos óleos essenciais como ionóforos e mitigadores da metanogênese, entretanto, mais estudos devem ser feitos para averiguar os efeitos no produto final além de descobrir novos óleos essenciais que poderiam ser incluídos nas dietas com esse fim.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos** - Teoria e Prática – Óleos Essenciais. Ed. Impr. Univ. UFRV: Viçosa, MG, 1995.

ARAÚJO, R. C. **Óleos essenciais de plantas brasileiras como manipuladores da fermentação ruminal *in vitro***. 2010. 178p. Tese de doutorado (Doutorado em Ciência Animal e Pastagem). Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2010.

BAGG, R. **Mode of action of ionophores in lactating dairy cattle**. Usefulness of ionophores in lactating dairy cattle. Proceedings... Held at the Ontario Veterinary College, June, 1997.

BERNDT, A. **Produção de metano em bovino e sua contribuição para aquecimento global**. Workshop Pecuária Sustentável. Slides. 2009. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/andreqramargo/produo-de-metano-em-bovinos-e-sua-contribuio-para-o-aquecimento-global>>. Acessado em: 10/08/2012.

BUSQUET, M; CALSAMIGLIA, S.; FERRET A.; KAMEL, C. Plant extracts affect *in vitro* rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.89, p. 761-771, 2006.

_____. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n. 7, p. 2508-2516, 2005a.

_____. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 88, n 12, p. 4393-4404, 2005b.

CARVALHO, D. R. **Alimentos e alimentação**. Apostila de disciplina. 2011. 17 p.

CHIZZOTTI, M. L.; PEREIRA, L. G. R.; CHIZZOTTI, F. H. M.; LADEIRA M. M.; MACHADO NETO, O. R. **Uso da nutrição para redução na geração de metano: eficiência no uso da energia para ruminantes x meio ambiente**. 30 p.

DOHME, F.; MACHMULLER, A.; ESTERMANN, B. L.; PFISTER, P.; WASSERFALLEN, A.; KREUZER M. The role of the rumen ciliate protozoa for methane suppression caused by coconut oil. **Letters in Applied Microbiology**. Oxford, v. 29, p.187-192, 1999.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Vulnerabilidade da agricultura brasileira à mudança climática global e opções de mitigação das emissões de gases de efeito estufa provenientes de atividades agrícolas**. Relatório técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 1999. 35 p.

HRISTOV, A.N.; VANDER POL, M.; AGLE, M.; ZAMAN, S.; SCHENEIDER, C.; NDEGWA, P.; VADDELLA, V. K.; JOHNSON, K.; SHINGFIELD, K. J.; KARNATI, S. K. R. Effect of lauric acid and coconut oil on ruminal fermentation, digestion, ammonia losses from manure, 25 and milk fatty acid composition in lactating cows. **Journal of Dairy Science**, v.92, p.5561- 5582, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=PPM01&t=efetivo-dos-rebanhos-por-tipo-de-rebanho>>. Consultado em: 11/08/2012.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. **Radiative Forcing of Climate change and an evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios**. Cambridge: Cambridge University Press. 1994. 339 p.

JAKIEMIU, E. A. R. **Uma contribuição ao estudo do óleo essencial e do extrato de Tomilho (*Thymus vulgaris* L.)**. 2008, 178p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

JANSSEN, P.H.; KIRS, M. Structure of the archaeal community of the rumen. **Applied and Environmental Microbiology**, v.74, p.3619-3625, 2008.

LASSEY, K.R.; ULYATT, M.J. Methane emissions measured directly from grazing livestock in New Zealand. **Atmospheric Environment**, v. 31, p. 2905-2914, 1997.

LIMA, M. A. Emissão de gases de efeito estufa provenientes de sistemas agrícolas no Brasil. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, v.3, n. 17, p. 38-43, 2000.

MACHMÜLLER, A. Medium-chain fatty acids and their potential to reduce methanogenesis in domestic ruminants. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.112, p.107-114, 2006.

McALLISTER, T. A.; NEWBOLD, C. J. Redirecting rumen fermentation to reduce methanogenesis. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, East Melbourne, v. 48, n. 1/2, p. 7-13, 2008.

MOSS, A.R. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. **Annales de Zootechnie**, v. 49, p. 231-253, 2000.

OJEU. Regulamentation (EC) n° 1831/2003 of de European parliament and the council of 22 september 2003 on additives for use in animal nutrition. **Official Journal of de European Union**, L268, p 29-43, 2003. Disponível em: <http://ec.europa.eu/food/food/animalnutrition/feedadditives/legisl_en.htm>. Acesso em: 05/08/2012.

PATRA, A.K.; KAMRA D.N.; AGARWAL N. Effects of extracts of spices on rumen methanogenesis, enzyme activities and fermentation of feeds *in vitro*. **Journal of the Science of food and Agriculture**, v. 90, p. 511-520. 2010.

PRESLOTT, J; HARLEY L.; KLEIN D., Microbiology, 5th ed., McGraw-Hill, 2001. Disponível em: <<http://accessscience.com/search.aspx?topic=BIO:BIOSCI:MICBIO&term=Archaea>>. Acessado em: 10/08/2012.

QUÍMICA VIVA. Disponível em: <http://scienceblogs.com.br/quimicaviva/2010/06/ruminantes_plantas_e_efeito_es/>. 2010. Acessado em: 10/08/2012.

RANGEL, A. H. N.; LEONEL, F. P.; SIMPLICIO A. A.; MENDONÇA JÚNIOR, A. F. Utilização de ionóforos da produção de ruminantes. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**. v. 8 , n. 2, 2008.

RAVEN, P. R.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**, 6ª ed., Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. 738 p.

RODRIGUES, M. R. A. **Estudo dos óleos essenciais presentes em manjerona e orégano**. 2002. 163p. Tese de doutorado. (Doutorado em Química) Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2002.

RUSSEL, J. B.; STROBEL, H. J. Effects of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and environmental Microbiology**, Washington v. 55, n.1, p. 1-6, 1989.

RUSSEL, J. B.; HOULIHAN, A. J. Ionophore resistente of de ruminal bacteria its potential impact of human health. **FEMS Microbiology Reviews**, Amsterdam, v. 27, n.1, p. 65-74, 2003.

SANTURIO, D. F.; COSTA, M. M.; MABINI, G.; CAVALHEIRO, C. P.; SÁ, M. F.; POZZO, M. D.; ALVES, S. H.; FRIES, L. L. M. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais de condimentos frente a amostras de *Escherichia coli* isoladas de aves e bovinos. **Ciência Rural**. Santa Maria, vol.41, n.6. 2011.

SOUZA, A. A.; RODRIGUES, S. A. Atividade antimicrobiana do óleo essencial de *Rhaphiodon echinus* (NEE & MART) SHAUER. **Revista de Biologia e Farmácia**. V.7, n.2, p 12-17, 2012.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. Metabólitos secundários e defesa vegetal. **Fisiologia vegetal**. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed. Cap. 13, p 309-334, 2004.

UGAZ, O. L.; In **Investigación Fitoquímica – Terpenoides e Estroides**; Fondo Edictorial: Peru, 2ª Ed., 1994. 23 p.