

**MODIFICADORES DA FERMENTAÇÃO RUMINAL: UMA REVISÃO****RUMEN MODIFIERS: A REVIEW**

POSSAMAI, A.P.S.\*

LALA, B.

PEREIRA, V.V.

GOMES, L.C.

SILVA, S.C.C.

**RESUMO**

O processo digestivo dos ruminantes compreende uma das mais bem sucedidas relações de simbiose entre seres vivos. O rúmen, principal órgão de digestão dos ruminantes, é considerado uma câmara de fermentação que apresenta adequadas condições ambientais para o desenvolvimento e multiplicação de microrganismos unicelulares. As modernas práticas de alimentação de ruminantes, que elevaram os níveis de produção apresentam novos desafios à microflora ruminal. O objetivo desta revisão de literatura é abordar as principais substâncias utilizadas como modificadores da fermentação ruminal e seus mecanismos de ação.

**Palavras-chave:** aditivos alimentares, alimentação animal, microbiota.

**ABSTRACT**

The digestive process of ruminants comprises one of the most successful symbiotic relationships between organisms. The rumen, main ruminants digestion organ, is considered a fermentation chamber which presents environmental conditions suitable for the development and multiplication of microorganisms unicellular. The modern practice of ruminants feedings, which increased production levels present new challenges to the rumen microflora. The aim of this review is to discuss the main substances used as modifiers of ruminal fermentation and their mechanisms of action.

**Keywords:** feed additives, animal feeding, microflora.

**INTRODUÇÃO**

A busca por sistemas nutricionais de ruminantes que intensifiquem a produção faz com que haja a necessidade de ferramentas que permitam pequenos ajustes no sistema nutricional para explorar o máximo potencial produtivo dos animais, atendendo às exigências do mercado consumidor. A manipulação da fermentação ruminal para melhorar o

desempenho de ruminantes tem nortado nutricionistas (Dilorenzo, 2004) e consiste do esforço que leva a extensas pesquisas na área de microbiologia ruminal, com o objetivo de controlar alguns processos metabólicos no rúmen, atingindo assim a utilização mais eficiente dos nutrientes (Nagaraja, 2003). Alguns dos objetivos, segundo Nagaraja et al.

(1997), incluem melhorar processos benéficos e minimizar, alterar ou eliminar processos ineficientes que levem a prejuízos tanto para os microrganismos do rúmen quanto para o hospedeiro.

A fermentação em ruminantes é resultado da atividade física e microbiológica que converte os compostos dietéticos a ácidos graxos voláteis, proteína microbiana, vitaminas do complexo B e vitamina K, metano e dióxido de carbono, amônia, nitrato, etc. (Owens & Goetsch, 1993). Para manutenção e bom desenvolvimento da população microbiana ruminal ativa, os animais devem manter o ambiente ruminal com condições adequadas; processa-se numa faixa de osmolaridade variando

entre 260 e 340 mOsm, sendo mantida razoavelmente constante e próxima a 280 mOsm.

O pH ruminal pode variar de 5,5 a 7,2, com valores baixos de pH sendo detectados em intervalos de tempos curtos, após a alimentação dos animais com dietas ricas em concentrado. Valores de pH abaixo de 6,0 podem inibir as bactérias fermentadoras de celulose e diminuir significativamente a eficiência da síntese de proteína bruta microbiana (Strobel & Russell, 1986). Nesta revisão de literatura serão abordadas os principais modificadores de fermentação ruminal utilizados na produção animal para a otimização das respostas produtivas de ruminantes.

## Revisão da Literatura

### Fatores que afetam o ambiente ruminal e o processo de fermentação

Segundo Bergman et al. (1990), os produtos finais da fermentação são parcialmente determinados pela natureza da dieta, que pode mudar a atividade metabólica dos microrganismos, provendo novos ou diferentes substratos que influenciam o número a quantidade e a natureza desses produtos. A dieta é, provavelmente, o fator mais importante que influencia o número e a proporção relativa das diferentes espécies de microrganismos ruminais.

A mudança abrupta de uma dieta é o principal fator que determina o grau de perturbação da fermentação ruminal e potenciais distúrbios digestivos. A dieta faz com que os microrganismos presentes alterem o seu balanço de fermentação, sendo seguido pelo ajuste das espécies microbianas às novas situações. No caso de mudanças abruptas para uma dieta de alta qualidade, o desequilíbrio das espécies microbianas pode abrir a porta para organismos facultativos oportunistas que podem dominar a fermentação, por meio da produção de

ácidos e abaixamento do pH ruminal, conduzindo a distúrbios ruminais (Van Soest, 1994).

A quantidade e a composição da dieta são variáveis externas que afetam a taxa de digestão, a taxa de passagem e, dessa maneira, o *turnover* do conteúdo ruminal. A ingestão é regulada pela exigência do animal, composição da dieta e disponibilidade de alimento. A composição da dieta, geralmente, determina a distribuição da população microbiana que utiliza os nutrientes dos alimentos no rúmen. Assim, dietas com altos teores de proteína favorecem microrganismos proteolíticos, enquanto as altas em amido, que são baixas em fibra, estão associadas a uma grande população de utilizadores de amido (Van Soest, 1994).

Dietas baixas em fibra e que tendem a ter altas taxas de digestão e produção de ácidos graxos voláteis requerem um maior grau de tamponamento no sistema ruminal; tais condições favorecem espécies

capazes de tolerar algum abaixamento do pH ruminal. Geralmente, microrganismos celulolíticos e metanogênicos são menos tolerantes a tais mudanças (Slyter, 1976).

Alimentação com altos níveis de carboidratos de rápida taxa de degradação, fornecida *ad libitum*, pode resultar em diferentes alterações na fermentação ruminal. Sob condições em que a taxa de reciclagem de líquidos é lenta, e a fermentação dos carboidratos solúveis é rápida, a grande quantidade de ácidos graxos voláteis produzida no rúmen pode sofrer uma fermentação secundária. Bactérias, normalmente não observadas em um grande número, aumentam grandemente, como as do gênero *Methanosarcina* que algumas vezes prolifera e converte acetato a CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> (Yokoyama & Johnson, 1993), podendo ocorrer a betaoxidação de ácidos graxos a acetato e metano.

Mudanças ruminais iniciam severas mudanças sistêmicas: aumento dos ácidos orgânicos principalmente o ácido lático, redução do pH, reduzida motilidade, rumenitis e paraqueratose (Nocek et al., 1984). Estas mudanças estabelecem condições para penetração de determinadas bactérias (*Fusobacterium necrophorum*) através da parede ruminal, as quais chegam ao fígado podendo causar abscessos. Desse modo, a eficiência hepática é prejudicada, levando a um desempenho animal diminuído. Outros eventos que acontecem simultaneamente estão associados com o aumento da pressão osmótica ruminal, diminuição do volume extracelular resultando em desidratação, batimentos cardíacos inconstantes, diminuição da circulação sanguínea periférica, redução do fluxo de sangue para os rins, choque e morte (Huntington, 1988).

O perfil de microrganismos no rúmen também sofre mudança, há um aumento na população de bactérias da espécie *Streptococcus bovis* e das bactérias que produzem ácido lático. Concomitantemente há uma redução no número dos microrganismos consumidores de ácido lático (*Megasphaera elsdenii* e *Selenomonas ruminantium*) causando um acúmulo ruminal do mesmo (Strobel & Russel, 1986). A partir do momento que o pH ruminal cai abaixo de 5,2, o crescimento de bactérias *Streptococcus bovis* é inibido, mas bactérias do gênero *Lactobacillus* encontram ambiente favorável para se proliferar, preenchem este nicho e continuam a produzir ácido lático em pH menor que 5,2 (Russel & Hino, 1985).

A manipulação na fermentação ruminal tem como principais objetivos melhorar os processos benéficos, minimizar, deletar ou alterar os processos ineficientes e minimizar, deletar ou alterar os processos prejudiciais para o animal hospedeiro. Dentre os processos que devem ser maximizados estão a degradação da fibra, a utilização do lactato (retirando-o do meio ruminal e diminuindo riscos de acidose láctica) e conversão de compostos nitrogenados não protéicos em proteína microbiana. Enquanto que os processos a serem minimizados são a produção de metano, a degradação de proteína e a absorção de amônia (Nagaraja et al., 1997).

A manipulação dietética da fermentação ruminal é feita com a inclusão de substâncias como ionóforos, enzimas fibrolíticas, leveduras, lipídeos e tampões na dieta dos animais, de maneira a controlar e otimizar as reações fermentativas dos principais componentes dietéticos (carboidratos e proteínas).

## Modificadores de fermentação ruminal Ionóforos

Aditivos como os antibióticos ionóforos têm sido bem sucedidos na redução de perdas energéticas e de proteína no rúmen (Van Nevel & Demeyer, 1988). São assim chamados por apresentarem propriedades transportadoras de íons, possuindo capacidade de formar complexos lipossolúveis com cátions e mediar seu transporte através de membranas lipídicas (Pressman, 1968).

Segundo Souza & Boin (2002), o modo de ação dos antimicrobianos, mais conhecidos como ionóforos, resulta da interferência no fluxo iônico normal através da membrana dos microorganismos para dissipação do gradiente de prótons e cátions. Atualmente, mais de 120 ionóforos têm

sido descrito, mas somente monensina, lasalocida, salinomina e laidomicinapropionato são aprovadas para uso em dietas de ruminantes (Nagaraja et al., 1997).

Geralmente, os ionóforos são altamente efetivos contra bactérias Gram-positivas, mas exibem pouca ou nenhuma atividade sobre bactérias Gram-negativas, que possuem uma membrana externa que contém porinas (canais de proteína) com tamanho limite de, aproximadamente, 600 daltons (Da). A maioria dos ionóforos são maiores que 600 Da (Tabela 1) e, conseqüentemente, não passam através das porinas (Nagaraja et al., 1997).

**Tabela 1** - Antibióticos ionóforos usados ou sob investigação para uso em dietas para animais ruminantes

| Ionóforos   | Organismos produtores                 | Peso molecular daltons |
|-------------|---------------------------------------|------------------------|
| Monensina   | <i>Streptomyces cinnamonensis</i>     | 671                    |
| Lasalocida  | <i>Streptomyces lasaliensis</i>       | 591                    |
| Laidomicina | <i>Streptoverticillum eurocidicum</i> | 721                    |
| Lisocelina  | <i>Streptomyces longwoodensis</i>     | 660                    |
| Narasina    | <i>Streptomyces aureofaciens</i>      | 765                    |
| Salinomina  | <i>Streptomyces albus</i>             | 751                    |
| Tetronasina | <i>Streptomyces longisporoflows</i>   | 628                    |

Adaptado de Valadares Filho et al., 2011.

A seleção de microorganismos no rúmen pelo uso de ionóforos promove algumas alterações em relação à fermentação ruminal:

- aumento da produção de propionato em relação a acetato, e conseqüentemente aumento da retenção de energia fermentada no rúmen;
- diminuição da perda de energia na formação de gases, principalmente o metano;
- menor produção de amônio e maior escape de proteína da fermentação ruminal;
- diminuição de distúrbios metabólicos, como acidose e timpanismo, pela menor concentração de ácido láctico;

e) diminuição do consumo, em dietas com alta quantidade de grão, sem queda no ganho de peso;

f) melhor conversão alimentar

As alterações em relação ao consumo podem ser devido ao mecanismo quimiostático da ingestão. Com o aumento de disponibilidade de energia devido ao uso do ionóforo, em animais com dietas altamente energéticas em que o mecanismo quimiostático já está atuante, um menor consumo vai suprir a mesma quantidade de energia. Já com animais recebendo dietas com maior quantidade de forragem, e portanto, menor densidade energética, o aumento energético não causa redução de consumo. Como há mais

energia sendo aproveitada para uma mesma ingestão, o ganho é superior e

### Enzimas Fibrolíticas

As enzimas fibrolíticas comerciais são extratos de fermentação de origem bacteriana (*Bacillus* sp.) ou fúngica (*Trichoderma* *Aspergillus* spp.). a inclusão de enzimas nas dietas tem sido feita de 0,01 a 1% na MS total, contribuindo com até 15% da atividade fibrolítica total do fluido ruminal (Valadares Filho et al. 2006).

A utilização de fungos do gênero *Aspergillus* tem tido muito interesse no âmbito de estudos quanto à manipulação ruminal. Os efeitos, ainda não são muito conhecidos, mas devem-se à presença de enzimas polissacaridases (xilanas e celulasas) nos extratos, as quais podem afetar a degradação da parede celular.

Lee et al. (2000) em um experimento com ovinos relata que a

### Leveduras

As leveduras, principalmente *Saccharomyces cerevisiae*, têm sido usadas na alimentação animal há várias décadas e são consideradas fonte de proteínas de alta qualidade, de vitaminas do complexo B e minerais, especialmente selênio e zinco (Queiroz et al., 2004).

Estudos mostram que as leveduras removem o oxigênio que chega ao rúmen, através do alimento e saliva, proporcionando assim um melhor ambiente para as bactérias ruminais que são essencialmente anaeróbicas, principalmente as bactérias celulolíticas, como consequência verifica-se um aumento na digestibilidade aparente da matéria seca (MS).

No rúmen a levedura secreta compostos químicos como nucleotídeos, aminoácidos e enzimas. Tais compostos vão servir de fatores

a conversão alimentar melhorada (Lanna, 1998).

administração de culturas de fungos aumentou a digestibilidade dos nutrientes e a retenção de N, por meio do aumento do número de bactérias e fungos no rúmen e por alteração no perfil de AGV produzidos.

O que ocorre é que o *Aspergillus* facilita a aderência de outros microrganismos à parede celular por meio da atração quimiostática provocada pela liberação de açúcares solúveis ou alteração da superfície da fibra (Newbold, 1997). A presença de uma população de fungos mais ativa, com maior secreção de enzimas, promove maior contato dos fungos com componentes das plantas, resultando em maior infiltração dos rizóides dos fungos. Esse processo acelera a invasão bacteriana, permitindo acesso a camadas mais interiores das plantas.

de crescimento para as bactérias ruminais, além de contribuir para a nutrição do bovino. Se por um lado há disponibilização dos nutrientes armazenados nos fungos para os microrganismos do rúmen e para o bovino, há também redução na taxa de crescimento de fungos. Assim, as leveduras devem ser suplementadas continuamente (Newbold et al., 1995).

Estão relacionados com a suplementação de leveduras: o aumento na concentração de AGV e proporção molar de propionato, decréscimo na concentração de ácido láctico no líquido ruminal e menor variação pós-refeições do pH e da amônia ruminal.

Segundo Wallace (1994), o aumento da ingestão de alimentos decorrente do uso das leveduras pode estar ligado ao aumento da digestão da fibra e pelo aumento na absorção

de nitrogênio duodenal. Estas observações sugerem maior atividade da população microbiana evidenciada pelo aumento da contagem de bactérias anaeróbicas no fluido ruminal. O número de bactérias celulolíticas aumenta, e as bactérias

que utilizam o ácido lático são estimuladas pela presença de ácido dicarboxílico. Sendo assim, explica-se, em parte, o aumento da quebra das fibras e aumento da estabilidade na fermentação ruminal de animais que recebem este aditivo.

## Lipídeos

O uso de lipídeo na alimentação animal ocorre devido ao aumento na densidade energética que o mesmo proporciona. Porém seu uso também provoca alterações na digestibilidade e na absorção dos nutrientes dietéticos.

A fermentação ruminal dos carboidratos estruturais é reduzida pela adição de lipídeos às dietas, enquanto que a fermentação ruminal do amido não é influenciada.

O efeito mais relevante da suplementação lipídica é a diminuição na concentração de amônia ruminal, resultante da redução da proteólise e/ou da reciclagem de bactérias em consequência da redução do número de ciliados. Geralmente ocorre um aumento no fluxo de proteína microbiana devido à redução na concentração de protozoários, resultando em maior eficiência microbiana. Pode ocorrer aumento na produção ruminal de propionato e, geralmente, ocorre redução na metanogênese (Nagaraja et al., 1997).

No rúmen, ocorre uma extensiva hidrólise dos lipídeos esterificados da dieta, onde triglicerídeos,

galactolipídeos e fosfolipídeos, pela ação de lípases dos microrganismos, liberam ácidos graxos livres, permitindo que a galactose e o glicerol sejam fermentados a ácidos graxos voláteis.

Devendra & Lewis (1974) descreveram algumas hipóteses para explicar os efeitos da suplementação lipídica sobre a fermentação ruminal, dentre as quais pode-se citar o efeito antimicrobiano. Segundo Nagajara et al. (1997), geralmente os ácidos graxos de cadeia longa são tóxicos para as bactérias Gram-positivas, cujo mecanismo pode envolver uma alteração na permeabilidade da membrana celular, que reduz a capacidade da célula regular o pH intracelular e a captação de nutrientes, mas não afetam as bactérias Gram-negativas. Em geral o efeito da adição de lipídeos parecem depender da quantidade e da fonte dos mesmos, apresentando os lipídeos insaturados e os ácidos graxos de cadeia curta mais efeitos que os saturados e os ácidos graxos de cadeia longa.

## Tampões

Os tampões têm a função de neutralizar o excesso de ácidos produzidos no rúmen em situações onde os sistemas tamponantes, principalmente o fluxo salivar, são insuficientes

Tampões, quimicamente, são a combinação entre ácidos fracos e suas respectivas bases. Entretanto, em nutrição de ruminantes, o termo

tampão é aplicado livremente e incluem óxidos ou hidróxidos que neutralizam ácidos presentes nos alimentos ou produzidos durante a fermentação ruminal (Erdman, 1988, citado por Nagaraja et al., 1997). Segundo o mesmo autor, o nome mais adequado para tais compostos seriam agentes neutralizantes ou alcalinizantes.

Tampões ruminais devem ter alta solubilidade em água e possuir um ponto de equivalência (pKa) próximo ao valor do pH fisiológico do rúmen, isto é, entre 6,2 e 6,8. De acordo com Nagaraja et al. (1997), os dois mecanismos mais claramente estabelecidos, em relação a modificação da fermentação ruminal proporcionada pelos tampões, estariam relacionados ao aumento ou a resistência a mudanças do pH ruminal e ao aumento da taxa fracional de saída do fluido através do orifício retículo-omasal ou aumento da taxa de diluição ruminal. O aumento na taxa de diluição do fluido seria devido ao aumento da osmolaridade, que aumentaria tanto o consumo de água como o influxo através da parede ruminal.

Dentre os principais tampões estão:

- Bicarbonato de sódio: Considerado o tampão "verdadeiro" pelo seu pKa de 6,25, com grande capacidade tamponante. Além disso, possui alta solubilidade no rúmen, o que permite rápida diluição

no líquido e maior efetividade de ação. A maior parte das pesquisas tem indicado a inclusão de 0,75 a 1% de NaHCO<sub>3</sub> na MS da dieta total, podendo chegar a 1,2% ou mais no concentrado. Outros preferem indicá-lo em 110 a 225 g/dia.

- Óxido de magnésio: É um dos agentes tamponantes mais utilizados atualmente, sendo utilizado como fonte de magnésio (54%) e como um agente alcalinizante. As recomendações da literatura têm indicado 0,3 a 0,5% na MS, ou 50 a 90g/dia. Pode, no entanto ser misturado ao NaHCO<sub>3</sub> na proporção de 1:3, e a mistura ser fornecida a 1,25% da MS.

- Carbonato de cálcio: Também é uma agente alcalinizante, porém, apresenta restrições quanto ao fornecimento porque tem baixa solubilidade e deprime o consumo de MS. Como consequência, tem pequena e confusa ação sobre o pH e sobre a porcentagem de gordura do leite. Por isso, seu uso tem sido questionado. A inclusão na MS da dieta é de 1,2% ou de 115 a 180g/dia.

## Considerações finais

A flora bacteriana do rúmen pode ser manipulada com êxito se essas manipulações respeitarem a fisiologia e modo de ação de cada espécie para que não se tenha prejuízo na fermentação.

Tentativas de aumentar as populações ou atividades de espécies nativas do rúmen só serão obtidas

com sucesso se as condições estabelecidas suprirem benefício específico às bactérias de interesse.

O eficiente controle de modificadores da fermentação ruminal pode aumentar os níveis de produção de carne e leite, melhorando os custos de produção e favorecendo positivamente o produtor rural.

## Referências Bibliográficas

BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. **Physiological Reviews**, v.70, n.567, 1990.  
DEVENDRA, C.; LEWIS, D. Fat in the ruminant diet: a review. **Journal of Animal Science**, v.44, n.917, 1971.

DILORENZO, N. **Effects of feeding polyclonal antibody preparations against rumen starch and lactic-fermenting bacteria on target bacteria populations and steer performance**. 2004. 101p. (Master thesis) - University of Minnesota, 2004.

- DIJKSTRA, J. et al. Predicting the yield of nutrients from microbial metabolism in the rumen. In: MANNETJE, L. T. et al. (Eds). In: VI International Symposium on the Nutrition of Herbivores, **Proceeding...**Mérida, 2003, p.101-127.
- HUNTINGTON, G. B. Acidosis in the Ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition. D. C. Church, ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. p. 474, 1988.
- LANNA, D. P. D. Exigências nutricionais do gado de corte – O Sistema NRC. In: SIMPOSIO SOBRE PRODUÇÃO INTENSIVA DE GADO DE CORTE, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, p.138-167, 1998.
- LEE, S.S.; HA, J.K.; CHENG, K.J. Influence of anaerobic fungal culture administration on in vivo ruminal fermentation and nutrient digestion. **Animal Feed Science and Technology**, v.88, p.201-217, 2000.
- NAGARAJA, T. G. Response of the Gut and Microbial Populations to Feedstuffs: The ruminant story. In: 64TH MINNESOTA NUTRITION CONFERENCE, 2003, St. Paul, **Anais...** St. Paul-MN, p.64-77, 2003.
- NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J. AND DEMEYER, D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: **The rumen microbial ecosystem**, p. 523-632. P. N. Hobson and C. S. Stewart editors. 1997.
- NEWBOLD, C.J.; WALLACE, R.J.; CHEN, X.B.; McINTOSH, F.M. Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers in vitro and in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 6, p. 1811-1818, 1995.
- NEWBOLD, J. Proposed mechanisms for enzymes as modifiers of ruminal fermentation. In: Florida Ruminant Nutrition Symposium, 1997, Gainesville. **Proceedings...** University of Florida, Gainesville, January, 16-17, 1997.
- NOCEK, J. E.; HEALD, C. W. AND POLAN, C. E. Influence of ration of physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. **Journal of Dairy Science**. v.67, n.2, p.334-343, 1984.
- OWENS, F. N; GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C.(Ed). **The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition**. p.145-171, 1993.
- PRESSMAN, B.C. Ionophorus antibiotics as models for biological transport. **FeddingProcess**, v.27, p.1283-1288, 1968.
- QUEIROZ, R.C.; BERGAMASCHINE, A.F.; BASTOS, J.F.P.; SANTOS, P.C.; LEMOS, G.C. Uso de Produto à Base de Enzima e Levedura na Dieta de Bovinos: Digestibilidade dos Nutrientes e Desempenho em Confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.6, p.1548-1556, 2004.
- RUSSELL, J. B., HINO, T. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: A spiraling effect that contributes to rumen acidosis. **Journal of Dairy Science**. v.68, n.7, p.1712-1721, 1985.
- SLYTER, L. L. Influence of acidosis on rumen function. **Journal of Animal Science**, v.43, n.4, p.910-929, 1976.
- SOUZA, A.A.; BOIN, C. **Distúrbios metabólicos relacionados à nutrição de bovinos confinados**. **Beefpoint**: <http://www.beefpoint.com.br/default.asp?noticialD=4840&actA=7&areaID=60&secaoID=175>. Acesso em 25/02/2014.
- 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.
- VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de Ruminantes**. Jaboticabal: Funep, 2011, p.151-182.
- VAN NEVEL, C.J.; DEMEYER, D.I. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P.N. (Ed.) **The rumen**



- microbial ecosystem.** Essex: Elsevier. 1988. p.155-182.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant.** 2.Ed. London. Constock Publishing Associates, USA, 1994. 476p.
- WALLACE, R. J. Ruminal microbiology, biotechnology, and ruminant nutrition: progress and problems. **Journal of Animal Science**, v.72, p.2992-3003, 1994.
- YOKOYAMA, M. T.; JOHNSON, K. A. Microbiology of the rumen and intestine. In: CHURCH, D. C. (Ed.). **The Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition.** 1993. P.125-144.