

LUIZ FELIPE DE ONOFRE BORGES

**Efeitos da enramicina ou da monensina sódica sobre a fermentação ruminal
e a digestão total em bovinos**

Pirassununga

2006

LUIZ FELIPE DE ONOFRE BORGES

**Efeitos da enramicina ou da monensina sódica sobre a fermentação ruminal
e a digestão total em bovinos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição Animal

Orientador:

Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues

Pirassununga

2006

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO-NA-PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virgínie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T.1666
FMVZ

Borges, Luiz Felipe de Onofre
Efeitos da enramicina ou da monensina sódica sobre a fermentação ruminal e a digestão total em bovinos / Luiz Felipe de Onofre Borges. – Pirassununga : L. F. O. Borges, 2006.
103 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, 2006.

Programa de Pós-graduação: Nutrição Animal.
Área de concentração: Nutrição Animal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues.

1. Ácidos graxos voláteis. 2. Digestibilidade. 3. Enramicina. 4. Ionóforos. 5. Ruminantes. I. Título.



UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Assistência Acadêmica

Comissão de Bioética

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Efeitos da enramicina e da monensina sódica sobre a fermentação ruminal e digestão total em bovinos", protocolo nº706/2005, não utilizando 12 bovinos, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Bioética da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo e foi aprovado "ad referendum".

(We certify that the Research "Effects of enramycin and monensin on ruminal fermentation and total digestibility in bovine", protocol number 706/2005, utilizing 12 bovines, under the responsibility of Prof. Dr. Paulo Henrique Mazza Rodrigues, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Bioethic Commission of the Faculty of Veterinary Medicine and Zootechny of University of São Paulo and was approved "ad referendum", meeting).

São Paulo, 05 de outubro de 2005


Prof.ª Dr.ª Júlia Maria Matera
Presidente da Comissão de Bioética
FMVZ/USP

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Nome: BORGES, Luiz Felipe de Onofre

Título: Efeitos da enramicina ou da monensina sódica sobre a fermentação ruminal e a digestão total em bovinos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária

Aprovado em: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Assinatura: _____

Julgamento: _____

À minha querida e amada mãe, Teresa, e ao meu querido e amado pai, Luiz, que sempre me deram apoio nos momentos difíceis e por acreditarem em mim em todos esses anos de estudos,

À minha irmã Cintia que eu amo, embora nem sempre demonstre,

Dedico este trabalho, com todo o meu amor, respeito e gratidão!

*Ao Professor Doutor Paulo Henrique Mazza Rodrigues, orientador sempre presente, pela
confiança em mim depositada,*

Registro aqui meus mais sinceros agradecimentos!

AGRADECIMENTOS

A todos os docentes do Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP),

A todos os funcionários do VNP e em especial às secretárias Cris, Lúcia e Alessandra que tanto nos ajudaram pelo empenho e eficiência e pela delicadeza com que nos distinguiram,

A dois incríveis profissionais, Gilmar e Everson, da seção do estábulo experimental, pelo cuidado com os animais e pela atenção, respeito e amizade com que sempre me trataram,

À equipe do laboratório de Bromatologia do VNP: Ari, pelos ensinamentos, pela paciência e dedicação dispensados a mim e ao presente trabalho; Gilson, Simi e Isabel, pela inestimável ajuda nas análises laboratoriais,

Ao Prof. Dr. Luís Felipe Prada e Silva, pela oportunidade no programa PAE,

Aos funcionários das bibliotecas da FZEA e da FMVZ, em especial a bibliotecária Maria Cláudia Pestana (FMVZ), pelo auxílio com as pesquisas e com a formatação do trabalho.

À Paula Meyer, por sua gentileza em revisar as versões para a língua inglesa,

Ao pessoal da fábrica de ração do Campus Administrativo de Pirassununga,

A todos meus colegas de pós-graduação da FMVZ, pela amizade e convivência harmônica e feliz,

À Estelona e Mariana pela grande ajuda durante o período experimental,

À Carolina, Polyana, Zé Ricardo, Barbosa, Waleska, Rodrigo, Estelinha, Estelona, Raquel, Mariano, Adriana Aquino, Adriana Lorenzi, Aline, Bruno, amizades cultivadas durante esse período que espero que rendam frutos para toda a vida,

A todos os que contribuíram direta ou indiretamente para realização deste trabalho.

Agradeço sinceramente!

RESUMO

BORGES, L. F. O. **Efeitos da enramicina ou da monensina sódica sobre a fermentação ruminal e a digestão total em bovinos.** [Effects of enramycin or sodium monensin on ruminal fermentation and on total digestibility in bovine]. 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

Foram objetivos do presente experimento estudar os efeitos da administração da enramicina, em comparação com a monensina sódica, sobre a fermentação ruminal e a digestibilidade total em bovinos. Doze fêmeas bovinas não-gestantes e não-lactantes (675 kg \pm 63 de PV) foram distribuídas inteiramente ao acaso aos três tratamentos formados por um grupo controle (ausência de antibiótico), um grupo tratado com enramicina (antibiótico não-ionóforo) e outro tratado com monensina (antibiótico ionóforo). A enramicina foi administrada na dose de 20 mg/animal/dia e a monensina na dose de 300 mg/animal/dia. O experimento teve duração total de 21 dias, sendo os 10 últimos destinados à aplicação do marcador (15 g de óxido crômico/animal/dia) e os últimos 5 dias destinados à coleta de fezes e amostragem dos alimentos. O 21º dia foi utilizado para colheitas de líquido ruminal realizadas às 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após a 1ª refeição para determinação dos AGVs, pH e nitrogênio amoniacal. A monensina aumentou a concentração total de AGVs no tempo 12 horas após a alimentação e diminuiu a relação acético:propiónico nos tempo 0 e 6 h, em relação à enramicina, mas não em relação ao controle. Nenhum dos antibióticos testados alterou a proporção molar dos ácidos acético, propiónico e butírico, bem como o pH ou a concentração ruminal de nitrogênio amoniacal. Também não alterou o comportamento de consumo, avaliado em atividades de alimentação, ruminação e ócio. Nenhum dos antibióticos testados alterou a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, extrativo não nitrogenado, fibra bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, amido, energia bruta ou os nutrientes digestíveis totais.

Palavras-chave: Ácidos graxos voláteis. Digestibilidade. Enramicina. Ionóforos. Ruminantes.

ABSTRACT

BORGES, L. F. O. Effects of enramycin or sodium monensin on ruminal fermentation and on total digestibility in bovine. [Efeitos da enramicina e da monensina sódica sobre a fermentação ruminal e a digestão total em bovinos]. 2006. 103 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

The objective of this trial was to study the effects of enramycin administration, compared to sodium monensin, on ruminal fermentation and on total digestibility of diet nutrients in bovine. Twelve non-pregnant and non-lactating cows (675 ± 63 kg of BW) were randomly assigned to three treatments: control group (non-antibiotic), enramycin-treated group (non-ionophore antibiotic) and monensin-treated group (ionophore antibiotic). Treatments were 20 mg/animal/day of enramycin or 300 mg/animal/day of monensin. Trial lasted 21 days, the last 10 used for external marker administration (15 g of chromic oxide/animal/day) and the last 5 for feces collection and feed sampling. The 21st day was used for ruminal fluid sampling at 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 hours after 1st meal to determine VFA, pH and ammoniacal nitrogen. Monensin increased total VFA concentration 12 h after feeding and decreased the acetic:propionic ratio at times 0 and 6 h, in relation to enramycin, but not when compared to control. The two antibiotics tested did not influence the molar proportion of acetic, propionic or butiric acids, pH, ammoniacal-N concentration, or dry matter intake and intake behavior, evaluated during activities of feeding, rumination and idleness. The two antibiotics tested did not alter the digestibility of dry matter, crude protein, ether extract, nitrogen-free extract, crude fiber, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, starch, gross energy and total digestible nutrients (TDN), or the intake of digestible dry matter or TDN.

Key words: Digestibility. Enramycin. Ionophores. Ruminants. Volatile fatty acids.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO III

Tabela 1 -	Proporções de ingredientes utilizados e composição bromatológica das rações, com base na matéria seca	57
Tabela 2 -	Consumo de matéria seca obtido com os tratamentos	60
Tabela 3 -	Padrão de fermentação ruminal obtido com os tratamentos	62
Tabela 4 -	Comportamento alimentar obtido com os tratamentos	69

CAPÍTULO IV

Tabela 1 -	Proporções de ingredientes utilizados e composição bromatológica das rações, com base na matéria seca.	83
Tabela 2 -	Digestibilidade aparente da MS da dieta e suas frações obtidas com os tratamentos	87
Tabela 3 -	Consumo de matéria seca digestível de NDT obtido com os tratamentos	91

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III

Figura 1 -	Concentração total de AGVs (mM) no líquido ruminal.....	62
Figura 2 -	Relação acético/propiónico no líquido ruminal	64
Figura 3 -	Concentração de nitrogênio amoniacal (mg/dL) no líquido ruminal.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGVs	- ácidos graxos voláteis
CMS	- consumo de matéria seca
CV	- coeficiente de variação
EB	- energia bruta
EE	- extrato etéreo
ENN	- extrativo não nitrogenado
FB	- fibra bruta
FCR	- força centrífuga relativa
FDA	- fibra em detergente ácido
FDN	- fibra em detergente neutro
h	- hora
kg	- quilograma
MM	- matéria mineral
MS	- matéria seca
N	- nitrogênio
NDT	- nutrientes digestíveis totais
N-NH ₃	- nitrogênio amoniacal
NS	- não significativo
PB	- proteína bruta
Prob.	- probabilidade
PV	- peso vivo
Trat.	- tratamento

SUMÁRIO

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO	17
---------------------------	-----------

CAPÍTULO II

1 REVISÃO DE LITERATURA.....	19
-------------------------------------	-----------

1.1 MODO DE AÇÃO BÁSICO DOS ANTIBIÓTICOS.....	19
---	----

1.1.1 Ionóforos.....	19
-----------------------------	-----------

1.1.2 Não-ionóforos.....	20
---------------------------------	-----------

1.2 MODO DE AÇÃO SISTÊMICO DOS ANTIBIÓTICOS IONÓFOROS E NÃO-IONÓFOROS	21
--	----

1.2.1 Produção de AGVs	22
-------------------------------------	-----------

1.2.2 Consumo de alimentos	27
---	-----------

1.2.3 Produção de metano	29
---------------------------------------	-----------

1.2.4 Digestibilidade e Degradabilidade	30
--	-----------

1.2.5 Utilização da proteína	36
---	-----------

1.2.6 Volume líquido ruminal e taxa de passagem de líquidos.....	40
---	-----------

1.2.7 Outros	41
---------------------------	-----------

REFERÊNCIAS	43
--------------------------	-----------

**CAPÍTULO III – EFEITOS DA ENRAMICINA OU DA MONENISNA
SÓDICA SOBRE A FERMENTAÇÃO RUMINAL EM BOVINOS**

1 INTRODUÇÃO	54
2 MATERIAL E MÉTODOS	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4 CONCLUSÃO	70
5 RESUMO	71
6 ABSTRACT	72
REFERÊNCIAS	73

**CAPÍTULO IV – EFEITOS DA ENRAMICINA E DA MONENSINA
SÓDICA SOBRE A DIGESTÃO TOTAL EM BOVINOS**

1 INTRODUÇÃO	80
2 MATERIAL E MÉTODOS	82
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	86
4 CONCLUSÃO	93
5 RESUMO	94
6 ABSTRACT	95
REFERÊNCIAS	96

CAPÍTULO V – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	103
---	------------

CAPÍTULO I

1 INTRODUÇÃO

Segundo Bergen e Bates (1984), constitui-se uma antiga busca dos nutricionistas de ruminantes melhorar a eficiência da fermentação ruminal, seja através do aumento da produção de ácido propiônico, da diminuição da metanogênese ou da diminuição da proteólise e deaminação de proteínas no rúmen. Durante muito tempo estes objetivos foram perseguidos através da manipulação da dieta, porém nas últimas duas décadas, um grande número de compostos químicos tem sido testado para os mesmos fins.

Ionóforos são uma classe desses compostos que obteve considerável sucesso como aditivos alimentares. O uso de ionóforos como a monensina em animais não é recente. Seu início data da década de 70, com o objetivo de aumentar a eficiência de utilização de alimentos (GOODRICH; GARRET; GAST, 1984; RUSSEL; STROBEL, 1989).

Os benefícios econômicos advindos da suplementação com ionóforos incluem maior eficiência alimentar, aumento no ganho de peso e redução na morbidade e mortalidade, ajudam também a reduzir a quantidade de excretas e gases emitidos pelos animais (MCGUEFEY; RICHARDSON; WILKINSON, 2001).

As vantagens do uso em bovinos leiteiros estão relacionados ao aumento na produção de leite, maior eficiência alimentar e menores desordens metabólicas, como cetose clínica e subclínica, timpanismo e acidose. Para bovinos de corte os benefícios dos ionóforos estão relacionados ao consumo de matéria seca igual ou menor, ao maior ganho de peso e à melhor eficiência alimentar (MCGUEFEY; RICHARDSON; WILKINSON, 2001).

Os efeitos dos ionóforos sobre o consumo de alimentos, digestibilidade, degradabilidade, parâmetros de fermentação ruminal e desempenho animal tem sido bastante

variáveis, fenômeno que pode se explicado, em parte, pelas diferentes condições experimentais (GALLOWAY et al., 1993; SPEARS, 1990).

Van Der Merwe, Dugmore e Walsh (2001) citam também o uso de antibióticos não-ionóforos, como a avoparcina, flavomicina, tilosina, bacitracina, virginamicina, que promovem o crescimento do animal, alterando características fermentativas do rúmen. A enramicina se encaixa neste grupo dos não-ionóforos.

Este último foi o produto testado neste experimento, um promotor de crescimento muito usado em aves e suínos. É produzido a partir da cepa de *Streptomyces fungicidus* e apresenta estrutura polipeptídica (KAWAKAMI; NAGAI, 1971). Foram objetivos do presente experimento estudar os efeitos da administração da enramicina, em comparação com a monensina sódica, sobre a fermentação ruminal, digestão total, consumo de matéria seca e comportamento alimentar em bovinos.

CAPÍTULO II

1 REVISÃO DE LITERATURA

Conforme proposto por Schelling (1984), pode-se diferenciar os modos de ação dos antibióticos em dois tipos: um básico, ocorrendo na membrana celular dos microorganismos ruminais, e outro sistêmico, composto por sete categorias de ação, resultantes da alteração do metabolismo das bactérias do rúmen e afetando a resposta animal. Desta forma, os ionóforos possuem a capacidade de aumentar a eficiência do metabolismo energético e protéico no rúmen e no animal, além de diminuir a incidência de distúrbios digestivos (BERGEN; BATES, 1984).

1.1 MODO DE AÇÃO BÁSICO DOS ANTIBIÓTICOS

1.1.1 Ionóforos

O modo básico de ação dos ionóforos parece resultar de interferência no fluxo iônico normal através da membrana dos microorganismos e dissipação do gradiente de prótons e cátions, sistemas estes responsáveis pelo aporte de aminoácidos, açúcares e outros íons contra um gradiente de concentração (BERGEN; BATES, 1984). Como esta interferência pode ser compensada às custas de ATP, as células que possuem um sistema de transporte de elétrons acoplado à extrusão de prótons e/ou síntese de ATP terão melhores condições de sobreviver, apesar das maiores exigências em energia, em detrimento das células que dependem da fosforilação em nível de substrato, via ATPase (BERGEN; BATES, 1984).

De acordo, ainda, com Ovchinnikov (1979), para desempenhar sua função eficientemente, os ionóforos devem formar complexos suficientemente estáveis com cátions e serem capazes de dividir-se entre a superfície e o interior da membrana, ou seja, devem ter propriedades lipofílica e de superfície-ativa. Quando complexados com o cátion, devem ser altamente lipofílicos, de modo a passarem através da membrana, permitindo que a transferência de um cátion ocorra a uma taxa suficientemente alta, o que pode ser satisfeito com rearranjos conformacionais da molécula, devido à mudanças na sua estrutura tridimensional.

Os ionóforos exercem ação seletiva sobre as bactérias, de forma que as Gram negativas sobrevivem graças ao sistema enzimático fumarato-redutase, que acopla o transporte de elétrons à extrusão de prótons via membrana citoplasmática, ser mais prevalente nestes microorganismos (CHEN; WOLIN, 1979). Diferentemente, as Gram positivas possuem capacidade restrita de gerar um gradiente de prótons e, portanto, dependem de um gasto direto de ATP para promover o transporte ativo através da membrana (HEFNER; HAROLD, 1982). É genericamente aceito que os efeitos dos ionóforos sobre a fermentação ruminal são devidos às mudanças na microbiota do rúmen (CHEN; WOLIN, 1979). Outros trabalhos demonstraram que esses efeitos decorrem somente de alterações nas vias metabólicas preferenciais das bactérias do pró-ventrículo (RICHARDSON et al., 1976).

1.1.2 Não-ionóforos

São poucas as informações disponíveis sobre o efeito de promoção de crescimento destes antibióticos, principalmente em ruminantes. Seu modo de ação sobre a população bacteriana do rúmen parece diferir dos já bem caracterizados ionóforos (FÉBEL et al., 1988).

O modo de inibição do crescimento bacteriano e replicação variam: clorofenicol, eritromicina, clindamicina, tetraciclina e aminoglicosídeos atuam sobre a atividade ribossomal, as quinolonas sobre a replicação do DNA, a rifampicina sobre a transcrição do RNAm, sulfonamidas e trimetopim sobre a síntese de nucleotídeos, penicilinas, cefalosporinas, vancomicina e bacitracina atuam na síntese de peptídeoglicanos (RUSSEL; HOULIHAN, 2003). É nesse último grupo que se encaixa a enramicina, atuando na fase de proliferação dos microorganismos, inibindo a formação da parede celular bacteriana (KAWAKAMI; NAGAI, 1971).

1.2 MODO DE AÇÃO SISTÊMICO DOS ANTIBIÓTICOS IONÓFOROS E NÃO-IONÓFOROS

Quanto ao tipo sistêmico de ação, é constituído por sete formas resultantes do tipo básico (SCHELLING, 1984) e listados da seguinte maneira: modificação na produção de ácidos graxos voláteis; modificação no consumo de alimentos; modificação na produção de gases; modificações nas digestibilidades; modificação na utilização da proteína; modificações no enchimento e taxa eferente de passagem ruminais e outros. Por não se encontrar referências semelhantes para os antibióticos não-ionóforos, adotou-se a mesma classificação para estes antibióticos. Dados sobre a atuação da enramicina sobre estes parâmetros são ausentes na literatura.

1.2.1 Produção de AGVs

Classicamente os ionóforos são conhecidos por alterarem a proporção molar de ácidos graxos voláteis (AGVs) produzidos no rúmen, devido ao aumento do ácido propiônico (C₃) em detrimento dos ácidos acético (C₂) e/ou butírico (C₄), geralmente sem causar grandes alterações sobre a produção total de AGVs.

Vários fatores podem alterar os efeitos dos ionóforos sobre os AGVs, tais como: nível de fibra, energia, proteína, período de adaptação, momento da coleta, espécie animal, tipo de ionóforo utilizado e outros.

A diferença na proporção volumoso:concentrado, ou no teor de fibra na dieta, parece alterar a magnitude da resposta encontrada na proporção molar de AGVs ocasionada pelos ionóforos, apesar dos resultados serem controversos. Thornton e Owens (1981) observaram que a monensina aumentou a proporção molar de propionato em 65,6% em uma dieta com altos níveis de fibra (40% de FDA) e somente 38,6% quando a mesma possuía baixos níveis (12% de FDA). A diminuição na proporção molar de acetato foi semelhante entre as duas (11,7% a 10,8%, respectivamente) e não foram observadas alterações na concentração total de AGVs e proporção molar de butirato em qualquer das dietas. Da mesma forma, Da Silva (1990) somente observou efeito da lasalocida sobre a proporção molar de ácidos graxos voláteis, com aumento do propiônico e diminuição do acético e butírico, após a associação deste produto com bicarbonato de sódio na dieta de vacas alimentadas com 40% de concentrados. Tais dados são compatíveis com um estudo *in vitro*, onde testou-se o efeito da monensina em dietas com 0%, 50% e 90% de concentrados. Neste estudo observou-se que a monensina aumentou a concentração de propionato em 17,1% e 47,9% para as dietas contendo 0% e 50% de concentrados, respectivamente, mas não alterou significativamente esta variável quando o meio continha 90% de concentrado (GARCIA-LOPES; KUNG;

ODOM, 1996). Esses últimos autores reconheceram a dose baixa utilizada como a causa da falta de efeito na dieta concentrada.

Dados contrários foram obtidos em outro estudo *in vitro* onde foram utilizados inóculos de animais alimentados com dietas ricas em grãos ou em volumosos (RICHARDSON et al., 1976). Neste experimento, quando se utilizou inóculo de animais alimentados com dieta predominantemente concentrada, diferentes concentrações de monensina diminuíram a produção de acetato, butirato, valerato e isovalerato e aumentaram a de propionato. Ao utilizar inóculo de animais submetidos à dieta predominantemente volumosa, esses efeitos foram observados somente com as concentrações mais elevadas do produto. *In vivo*, Ramanzin et al. (1997) observaram maiores efeitos da monensina sobre a proporção molar de propionato em vacas leiteiras submetidas a dietas com 50% de concentrados (aumento de 26,7%) do que quando estas recebiam dietas com apenas 30% de concentrados (aumento de 8,9%). Mesmo em novilhos, Zinn, Plascencia e Barajas (1994) observaram efeitos positivos da monensina em aumentar a proporção molar de propionato somente nas dietas com apenas 10% de volumosos (aumento de 9,4%), mas observaram diminuição deste parâmetro quando a dieta possuía 20% de volumosos (diminuição de 5,5%).

Ao administrar lasalocida a bovinos recebendo 40% ou 70% de volumoso na dieta, Rodrigues, Lucci e Castro (2000b) observaram interação entre a lasalocida e o teor de fibra da dieta, de forma que a proporção molar de propionato foi maior e a relação acetato:propionato menor nas rações com 40% de volumoso, quando comparadas àquelas com 70%, na presença de lasalocida, mas não na sua ausência, indicando que este ionóforo tenha causado alterações nas proporções molares de AGVs somente em dietas mais concentradas. Contrariamente, Van Maanen et al. (1978), ao estudarem os efeitos da adição da monensina na dieta de novilhos recebendo proporções de volumoso de 20% e 70%, observaram que este aditivo aumentou as reservas ruminais e a taxa de produção de propionato em 79,1% e 62,84%, respectivamente,

diminuiu a proporção molar de butirato em 14,53%, para ambas as dietas, mas não alterou a proporção molar de propionato ou acetato e registraram que todos os efeitos observados não dependeram do tipo da dieta utilizada.

A demonstração de que a monensina cataliza o efluxo de potássio em bactérias ruminais sensíveis a ela (LANA; RUSSELL, 1997; RUSSELL; STROBEL, 1989) e que essas bactérias sensíveis à monensina tornam-se mais resistentes ao produto quando as concentrações externas de potássio são altas (DAWSON; BOLING, 1987), faz suspeitar do possível confundimento entre efeito do nível de fibra ou nível de potássio sobre a grandeza das respostas obtidas com o uso de ionóforos.

Um fato que tem intrigado os pesquisadores é como os ionóforos alteram a proporção molar de AGVs e quais as conseqüências disto. Segundo Chen e Wolin (1978), estes efeitos são decorrentes da ação inibitória sobre bactérias produtoras de formato e hidrogênio e estimulatória sobre aquelas produtoras de succinato e propionato, fenômeno, este, que é duplamente vantajoso em termos metabólicos, já que a produção de propionato é energeticamente mais eficiente que a de acetato (CHALUPA, 1977; HUNGATE, 1966) e pelo fato que a utilização do propionato, nos tecidos, também ser mais eficiente que do acetato (SMITH, 1971).

Entretanto, Raun et al. (1976) notaram que a alteração na proporção molar de AGVs com a utilização de ionóforos poderia ser responsável por um aumento de 3,0% a 6,0% na energia metabolizável disponível para o animal, apesar dos animais terem ganhado mais peso (até 11,0%) e aumentado a eficiência de utilização dos alimentos (até 17,0%) mais do que o esperado. Este fato levou estes pesquisadores a concluírem que o aumento na disponibilidade de energia não é o único benefício alcançado com a utilização de ionóforos, sendo que o aumento do propionato poderia estar, ainda, relacionado a menor incremento calórico

(SMITH, 1971), proteção de aminoácidos normalmente usados na gliconeogênese (BEEDE et al., 1986b; FUNK; GALYEAN; ROSS, 1986) e outros fatores.

Experimentos realizados *in vivo* não observaram efeitos dos ionóforos sobre a concentração total ou sobre a proporção molar de AGVs dosados no líquido ruminal. Baile et al. (1979) não observaram qualquer efeito significativo da monensina sobre a proporção molar de AGVs, seja em novilhos submetidos a dietas predominantemente volumosa (92% de volumoso) ou concentrada (85% de concentrados), bem como Fredrickson et al. (1993), ao administrarem *bolus* de liberação lenta de monensina a novilhos em regime de pastejo, Green et al. (1999), ao utilizarem o mesmo dispositivo em vacas leiteiras primíparas e múltíparas recém-paridas, e Beede et al. (1986a), ao alimentarem vacas leiteiras com uma dieta com 45% de volumoso suplementada com lasalocida.

Darden et al. (1985) registraram que os ionóforos não causaram alterações na concentração total ou proporção molar de AGVs, quando alimentaram novilhos com níveis de 70% de concentrados na dieta, explicando esses resultados pelo fato dos animais terem recebido 12 refeições por dia, em intervalos de duas horas cada, o que pode ter causado um consumo de lasalocida pequeno para permitir que o limiar mínimo de concentração da droga no rúmen fosse atingido para alterar a fermentação. Em contrapartida, Yang e Russell (1993) observaram efeitos da monensina, mesmo com alimentação a cada 2 horas.

Jacques et al. (1987) não observaram efeitos da aplicação de lasalocida sobre a concentração total de AGVs ou suas proporções molares em novilhos em pastejo, explicando seus resultados pela baixa qualidade das pastagens utilizadas, enquanto que Morris et al. (1990) registraram que a falta de resposta observada em novilhos alimentados com dieta composta de 90% de concentrado era devido ao fato da dieta já ter proporcionado altos níveis de propionato, da mesma forma que Zinn (1987), o qual não observou efeito significativo da

lasalocida ou monensina mais tilosina em um experimento onde a principal fonte de energia utilizada era composta de amido de alta digestibilidade.

Marounek, Duskova e Skrivanová (1998), ao avaliarem os efeitos dos antibióticos não-ionóforos em rúmen de ovinos alimentados com dietas basicamente volumosas, obtiveram aumento da porcentagem molar de ácido propiônico em relação ao ácido acético, quando utilizados os antibióticos avoparcina, bacitracina e tilosina. O ácido butírico teve sua porcentagem molar diminuída ao serem utilizados a flavomicina e a virginamicina. A flavomicina, tilosina e virginamicina proporcionaram significativa diminuição na produção total de AGVs.

Autores como Coe et al. (1999) e Ives et al. (2002) não observaram diferenças nas proporções molares de ácidos graxos voláteis ao utilizarem a monensina mais tilosina ou a virginamicina, em dietas basicamente concentradas em novilhas. Quando Horton e Nicholson (1980) alimentaram novilhas com dieta 60% concentrada, divididas em grupos sem antibióticos, monensina, tilosina ou monensina mais tilosina, encontraram apenas no grupo recebendo monensina alterações como menores proporções de ácidos acético e butírico, bem como maiores proporções de ácido propiônico. Estes resultados estão de acordo com a afirmação de Nagajara et al. (1987), de que mudanças na fermentação resultantes de monensina mais tilosina podem não ser as mesmas do que quando apenas a monensina é administrada.

Bateman et al. (2004), ao suplementarem vacas não lactantes com monensina e/ou zinco, não observaram diferenças na produção total de AGVs.

1.2.2 Consumo de alimentos

Schelling (1984), em extenso trabalho de revisão a respeito da monensina, afirmou que os ionóforos deprimem o consumo voluntário de alimentos na ordem de 10,7%, quando os animais são alimentados com dietas predominantemente concentradas, mas podem incrementar o consumo em até 15%, quando em condições de pastejo. Rogers e Davis (1982) explicaram que a diminuição no consumo era provavelmente devido ao aumento do tempo de retenção da matéria seca no rúmen, enquanto que há a possibilidade deste efeito ser devido à ação do ácido propiônico como substância responsável pela regulação da saciedade em ruminantes, a semelhança do que acontece com a glicose sangüínea, que regula o consumo de alimentos em animais monogástricos (VAN SOEST, 1983).

O aumento de consumo em animais recebendo dieta predominantemente volumosa seria explicado pelas alterações na digestibilidade da forragem, já que os níveis de ácido propiônico não seriam suficientes para disparar o gatilho da saciedade nessas dietas (SCHELLING, 1984). Estes resultados não estão de acordo com as conclusões de Baile et al. (1979) que afirmaram que os ionóforos reduzem o consumo de alimentos em qualquer tipo de dieta, embora com maiores efeitos em dietas predominantemente concentradas.

A afirmação de Baile et al. (1979) foi confirmada por Araujo-Febres e Fernández (1991) que, ao estudarem os efeitos da monensina em novilhos consumindo dietas com níveis de fibra bruta baixo (15%) e alto (26%), observaram que a monensina diminuiu o consumo de alimentos em ambas as dietas, porém a queda foi maior para a ração com baixo nível de fibra (25,6% vs. 11,0%). Arcaro (1998), estudando os efeitos de três diferentes dosagens de lasalocida sódica em vacas leiteiras submetidas a dietas contendo 30% ou 50% de concentrados, observou que este produto diminuiu linearmente o consumo de matéria seca,

sendo que esta queda tendeu ($P=0,08$) a ser maior nas vacas alimentadas com a dieta mais concentrada, quando comparada com aquelas submetidas à dieta mais volumosa.

Rodrigues et al. (2004), ao trabalharem com três dosagens de monensina e três níveis de concentrado, observaram que os teores de concentrado ou de monensina atuaram sobre o consumo de matéria seca. O nível de concentrado causou resposta curvilínea, com maior ingestão para as dietas mistas, e a monensina causou resposta linear, diminuindo a ingestão de matéria seca conforme a sua dosagem era aumentada. Ao contrário, McCann et al. (1990), alimentando ovinos com dietas contendo 25%, 50% e 75% de volumoso, registraram que a monensina diminuiu o consumo em 1,6%, 12,3% e 27,0%, respectivamente. Assim como Erasmus et al. (2005), que obtiveram discreta diminuição no consumo de matéria seca ao suplementarem com monensina vacas nos períodos de pré e pós-parto alimentadas com dietas basicamente concentradas.

Baile et al. (1979) afirmaram, ainda, que os ruminantes são capazes de detectar a presença do aditivo comercial que contém a monensina, já que o sabor é suficiente para causar uma aversão imediata ao produto, mas não a monensina sódica propriamente dita, sendo este efeito principalmente observado em dietas predominantemente concentradas. Esta informação é bastante interessante dada a afirmação realizada por Chalupa (1977), de que “não existe qualquer dado disponível a respeito dos efeitos dos ionóforos sobre o comportamento alimentar ou se alguma parte da depressão do consumo é devida à aversão condicionada, fatores gustativos ou olfatórios, ou, ainda, mal-estar do animal”.

Alert, Poppe e Lohner (1993), adicionando flavomicina à dieta de touros holandeses, observaram que o grupo tratado com flavomicina consumiu significativamente mais alimento do que o grupo controle.

Muitos outros trabalhos não observaram efeitos dos ionóforos sobre o consumo de alimentos, entre eles está o de Rodrigues, Lucci e Castro (2000a), utilizando diferentes

proporções volumoso:concentrados para testar o efeito da lasalocida, o de Zinn, Plascencia e Barajas (1994), utilizando monensina em novilhos submetidos a dietas contendo 10% ou 20% de volumosos, o de Ramanzin et al. (1997), utilizando monensina em vacas alimentadas com dietas contendo 30 ou 50% de concentrados, o de Broderick (2004), ao adicionar monensina em dieta à base de silagem de alfafa, e o de Gallardo et al. (2005), também ao utilizarem monensina em dieta mista.

1.2.3 Produção de metano

Estudos *in vitro* (BARTLEY et al., 1979; BOGAERT et al., 1989; CHALUPA; CORBERTT; BRETHOUR, 1980; MAUROUNEK; PETR; MACHAŇOVA, 1990 VAN NEVEL; DEMEYER, 1977) e *in vivo* (THORTON; OWENS, 1981) mostraram que os ionóforos agem sobre os microorganismos ruminais deprimindo a produção de metano, não tendo este efeito resultado em acúmulo de hidrogênio gasoso (CHALUPA; CORBETT; BRETHOUR, 1980). Foi também relatada depressão sobre a produção de dióxido de carbono, quando aqueles aditivos foram administrados em altos níveis (BARTLEY et al., 1979; CHALUPA; CORBETT; BRETHOUR, 1980). Já Machado (1988), em estudo *in vitro*, e Sauer et al. (1997) e McGinn et al. (2004), em estudos *in vivo*, demonstraram diminuição da produção de metano com o uso da monensina, mas não sobre a produção de dióxido de carbono.

A origem do substrato afetou a resposta dos ionóforos sobre a produção de metano *in vitro*, mas não *in vivo*. Em um estudo *in vitro*, onde alimento concentrado serviu de substrato, a monensina não alterou significativamente a produção de metano. No entanto, quando o substrato utilizado foi uma mistura de celobiose e maltose, a monensina diminuiu a produção desse gás em 14,6% a 25,0%. Garcia-Lopez, Kung e Odom (1996) demonstraram que a

monensina diminuiu a produção de metano, em 40%, somente quando o produto foi incubado *in vitro* com uma dieta contendo 50% de concentrados, mas não quando esta possuía 0% ou 90% de grãos. No estudo *in vivo* a monensina diminuiu as produções de metano em 15,6%, 16,5% e 23,7% quando novilhos receberam respectivamente níveis de fibra baixo (12% de FDN), médio (27% de FDN) e alto (40% de FDN), não sendo observada interação entre a monensina e os níveis de fibra na dieta (THORTON; OWENS, 1981). McGinn et al. (2004), ao estudarem os efeitos da monensina, óleo de girassol, levedura e ácido fumárico, constaram que a monensina é bastante eficiente para conter perdas energéticas, via metano.

Já Zinn, Plascencia e Barajas (1994) não observaram alteração da produção ruminal de metano com a administração de monensina, quer a dieta possuísse 10% ou 20% de volumosos. McCaughey, Wittenberg e Corrigan (1997) não demonstraram efeito da monensina em diminuir a produção de metano em novilhos sob pastejo.

Marounek, Duskova e Skrivanová (1998) acusaram significante diminuição da produção de metano e fermentação gasosa ao utilizarem avoparcina, tilosina, flavomicina e virginamicina.

1.2.4 Digestibilidade e degradabilidade

Os ionóforos podem causar pequena à moderada melhora na digestibilidade dos alimentos, dependendo das condições experimentais. Estas condições não estão definidas até o presente momento, podendo sofrer interferência de fatores como consumo de alimentos, enchimento ruminal, taxa de passagem ou outros (RODRIGUES; LUCCI; CASTRO, 2000a).

O aumento da digestão dos alimentos obtidos com o emprego de ionóforos tem sido freqüentemente explicado pelo aumento do tempo de retenção da MS no rúmen decorrente do menor consumo voluntário (ROGERS; DAVIS, 1982). Entretanto, Branine e Galyean (1990),

ao observarem que a monensina aumentou em 1,4% a 16,7% o desaparecimento *in situ* da MS do alimento em novilhos sob pastejo, provavelmente pelo aumento da degradação da parede celular, explicaram tal fato como sendo decorrente do aumento observado no pH ruminal e não pela diminuição da taxa de passagem pelo pró-ventrículo, sendo que neste experimento foi observado aumento na taxa de passagem de fluídos.

Dentre os diversos fatores que podem alterar os efeitos dos ionóforos sobre a digestibilidade e degradabilidade dos alimentos encontra-se a proporção de fibra na dieta. Pomar et al. (1989), ao alimentarem bezerros e ovelhas com dietas peletizadas contendo 20%, 40% e 60% de volumosos de alta e média qualidade, observaram que a monensina diminuía a digestibilidade da FDN e FDA em dietas predominantemente concentradas, mas aumentava a digestibilidade destas frações fibrosas em dietas predominantemente volumosas somente em bezerros, mas não em ovelhas, além desses efeitos serem maiores na dieta contendo o volumoso de média qualidade. Os resultados foram explicados por um possível aumento do tempo de retenção da fibra no rúmen, fato esse considerado vantajoso nessas dietas (LEMENAGER et al., 1978). Entretanto, a digestibilidade da MS foi levemente aumentada somente nas rações ricas em volumosos, em contradição com o experimento de McCann et al. (1990) onde, ao alimentarem ovinos com rações contendo 25%, 50% e 75% de volumosos de baixa qualidade, observou-se que a monensina foi capaz de aumentar a digestibilidade da fibra em detergente neutro e da hemicelulose e apresentou tendência em aumentar a digestibilidade da matéria orgânica à medida em que a proporção de volumosos era diminuída (de 75% para 25%). Os resultados de McCann et al. (1990) foram parcialmente confirmados por Araujo-Febres e Fernández (1991) que observaram ter a monensina aumentado a digestibilidade da matéria seca e da fibra bruta, sendo este aumento maior para as rações pobres em fibra (15%) quando comparados às ricas em fibra (40%).

Schelling (1984), em revisão de literatura, concluiu que os efeitos da monensina e lasalocida sobre a digestibilidade dos nutrientes eram ambos negativos e positivos, respectivamente, mas relativamente pequenos. Galloway et al. (1993), pesquisando os efeitos do emprego de níveis baixos e altos de monensina e lasalocida sobre a digestibilidade em bovinos submetidos a dietas volumosas de baixa qualidade, observaram pequeno ou nenhum efeito sobre a digestibilidade da matéria orgânica ou da FDN, para ambos os ionóforos, em doses baixas. Porém, com doses maiores, tanto a monensina como a lasalocida aumentaram a digestibilidade da FDN em até 2,1% e 4,4%, respectivamente, sendo que uma diferença entre os ionóforos foi sugerida neste trabalho.

Em outros trabalhos não foram observados efeitos dos ionóforos sobre a digestibilidade da MS, conteúdo celular, celulose e hemicelulose em novilhos recebendo níveis de fibra baixo (12,0% de FDN), médio (27,0%) e alto (40,0%) na dieta adicionada de monensina (THORTON; OWENS, 1981). Zinn, Plascencia e Barajas (1994) também não observaram efeitos da monensina sobre a digestibilidade da matéria orgânica, da fibra ou do amido, quer a dieta de novilhos possuísse 10% ou 20% de volumosos. Resultados semelhantes foram obtidos por Lucci et al. (2001), ao utilizarem diferentes níveis de lasalocida e tempos de adaptação ao produto. Os autores constataram que não houve interferência na degradabilidade efetiva ruminal da matéria seca e proteína do concentrado protéico ou da matéria seca e fibra do volumoso.

Apesar de vários pesquisadores terem demonstrado efeitos benéficos dos ionóforos sobre a digestibilidade ou degradabilidade dos alimentos, outros não tem apresentado qualquer efeito, existindo aqueles que reportaram efeitos indesejáveis. Pelo fato do acetato ser o metabólito predominante da digestão microbiana da celulose e sendo que os ionóforos diminuem a proporção molar de acetato, foi antecipado que estes compostos poderiam deprimir a digestão da fibra.

Em 1978, Lemenager et al. registraram que a monensina diminuiu em 12,1% a digestibilidade *in vitro* da MS de um volumoso de gramínea de baixa qualidade quando o inóculo era oriundo de animal não adaptado a este produto, mas apenas uma tendência em diminuição deste parâmetro, da ordem de 3,9%, foi observada quando o inóculo provinha de um animal adaptado. A mesma conclusão pode ser obtida do trabalho de Simpson (1978), o qual observou que a monensina era um potente inibidor da atividade celulolítica *in vitro* quando o inóculo era obtido de animais não previamente expostos à ela.

Poos, Hanson e Klopfenstein (1979) confirmaram este efeito adaptativo ao observarem diminuição da digestibilidade da MS (6,3 a 11,3%) e FDA (5,3 a 14,5%) quando administraram monensina a ovinos durante um período de adaptação de 10 dias, porém ao estenderem este período para 40 dias, estes parâmetros aproximaram-se do grupo controle. Em 1979, Chen e Wolin explicaram que algumas bactérias celulolíticas eram moderadamente sensíveis à monensina e/ou à lasalocida e que poderia haver, ainda, rápida seleção de microorganismos ruminais resistentes quando da utilização destes compostos, justificando não somente a diminuição da digestão da fibra, como também o efeito adaptativo.

Uma teoria proposta por Chow e Russell (1992) tenta explicar, ainda, as possíveis diferenças observadas entre a monensina e a lasalocida quanto à digestão da fibra, como foi mencionado anteriormente. Estudos *in vitro* demonstraram que baixas concentrações de monensina eram mais efetivas contra certas espécies de bactérias celulolíticas (*Fibrobacter succinogenes*) do que a lasalocida, e que esta diferença poderia estar relacionada à hidrofobicidade dos ionóforos. Desde que a lasalocida é mais lipofílica do que a monensina, mais lasalocida seria aprisionada na cápsula da célula e menor porção do produto reagiria com a membrana celular. A lasalocida seria mais efetiva contra algumas espécies de bactérias gram-positivas (*S. bovis*) que a monensina, já que este grupo não dispõe de uma espessa membrana externa para proteção da interna (CHOW; RUSSELL, 1992).

Uma outra teoria, desta vez de ação indireta, assume que a produção de quantidades adequadas de ácidos graxos voláteis de cadeia ramificada é essencial para a atividade fermentativa das bactérias celulolíticas e conseqüente digestão da fibra (ALLISON; BRYANT, 1958). A observação de que a monensina diminuía a produção desses compostos (RICHARDSON et al., 1976), com conseqüente diminuição da digestão da fibra, parece ter sido explicada pela descoberta de uma bactéria denominada *Peptostreptococcus* sp., a qual era grande produtora desses ácidos e também sensível à monensina (CHEN; RUSSELL, 1989).

Além dos já citados, outros experimentos têm demonstrado diminuição da digestão da fibra quando realizados *in vitro*. Whetstone, Davis e Bryant (1981) mostraram que a monensina não alterou a utilização de glicose ou amido pelas bactérias, mas diminuiu a degradação de celulose em 19,4% a 31,0%, apesar de não ter alterado o crescimento celular, e Bogaërt et al. (1989), utilizando líquido ruminal de carneiros adaptados à lasalocida e cationomicina durante 30 dias, observaram que a degradação da celulose foi 12% maior para o grupo controle. Entretanto, alguns experimentos *in vivo* foram capazes de demonstrar apenas uma tendência dos ionóforos em diminuir a digestão da fibra (FREDRICKSON et al., 1993; LEMENAGER et al., 1978;).

Esses achados encorajaram Bogaërt, Gómez e Louany (1991) a sugerir que a diminuição da degradação da fibra, observada em experimentos *in vitro*, poderia advir de uma alteração na composição da microbiota populacional decorrente das altas doses de ionóforos utilizadas nestes experimentos, fato esse não observado *in vivo*, onde estes aditivos apenas causariam uma modificação no metabolismo celular dos microorganismos ruminais. Registraram também os pesquisadores, apesar de não ser alterada a digestibilidade aparente da MS ou a distribuição da digestão entre os diferentes compartimentos do trato digestivo, além de nenhum efeito ter sido observado sobre a degradabilidade *in situ* da MS ou da celulose, a

sugestão de que a lasalocida poderia aumentar a degradação ruminal da fibra quando o tempo de retenção é alto e poderia diminuí-la quando o tempo é baixo.

Rodrigues, Lucci e Castro (2000a), testando os efeitos da lasalocida em bovinos recebendo dietas com 40% ou 70% de volumoso, observaram que a lasalocida na dosagem de 200 mg/animal/dia interagia com a proporção de volumoso na dieta, de forma que rações com 70% de volumoso, em relação àquelas com 40%, propiciaram maior degradabilidade efetiva da fibra (FDN e FDA) na ausência de lasalocida, mas não na sua presença, indicando que este ionóforo tenha aumentado a degradabilidade da fibra em 2,1% a 5,7% em dietas predominantemente concentradas, e diminuído em 2,3% a 4,4%, naquelas predominantemente volumosas.

Entretanto, além da interação com o nível de fibra da dieta, espera-se que a dosagem ou concentração do ionóforo também interfira nos resultados, fato esse demonstrado por Faulkner et al. (1985) que, ao alimentarem bovinos adaptados à monensina e recebendo dieta rica em fibras, observaram resposta quadrática para a digestibilidade da matéria orgânica e FDN, com melhores resultados para dosagens intermediárias de monensina (100 mg/animal/dia) em relação a altos níveis (200 mg/animal/dia) ou controle (0 mg/animal/dia), concluindo que a dose de 200 mg/animal/dia é bastante alta para animais submetidos a dietas ricas em fibra.

Han et al. (2002), ao utilizarem dieta basicamente concentrada em bovinos em terminação, não constataram aumento significativo da digestibilidade aparente da matéria orgânica quando foi adicionada a monensina mais tilosina. O efeito desses dois produtos na digestibilidade aparente da matéria orgânica foi investigada *in vivo* por Zinn (1987), sendo que os resultados indicaram aumento numérico da digestibilidade (de 54,1% para 55,9%) com a utilização desta suplementação. Estes resultados são semelhantes aos encontrados por Schelling (1984), o qual indicou que a monensina resulta em discreta a moderada melhora na

digestibilidade da matéria orgânica, sendo a magnitude desta reposta atribuída a fatores ruminais, como a ingestão de matéria seca, enchimento e taxa de passagem.

Para touros em confinamento, a administração de flavomicina aumentou a digestibilidade aparente da matéria orgânica, fibra bruta e extrativo não-nitrogenado (ALERT; POPPE; LOHNER, 1993; POPPE et al., 1993).

1.2.5 Utilização da proteína

Vários trabalhos têm demonstrado efeitos benéficos dos ionóforos sobre a utilização da proteína pelo animal e várias são as teorias que tentam explicar tal efeito. Com relação aos trabalhos que observaram diminuição da proteólise em consequência à inibição do crescimento bacteriano, Poos, Hanson e Klopfenstein (1979) observaram diminuição no nitrogênio de origem bacteriana e aumento no de origem vegetal que chegava ao abomaso; Faulkner et al. (1985) relataram diminuição da degradação protéica e/ou síntese de proteína bacteriana no rúmen; Rodriguez, Craig e Hembry (1986) observaram diminuição dos níveis extracelulares de amônia contida na fase líquida do conteúdo ruminal sem alteração dos níveis de aminoácidos e Gomez et al. (1991) relataram diminuição no fluxo de nitrogênio microbiano e aumento no fluxo de nitrogênio da proteína não degradada oriunda da dieta com a utilização de ionóforos.

Russell, Strobel e Chen (1988), ao isolarem um novo grupo de bactérias Gram positivas que produzia 20 vezes mais amônia e que era sensível à monensina, concluíram que os efeitos protetores dos ionóforos sobre as proteínas poderiam ser explicados pela sua atividade contra bactérias que fermentavam peptídeos e aminoácidos.

Chen e Russell (1991) vieram a reafirmar esta idéia ao mostrarem que a inibição de bactérias Gram negativas e positivas através do TCS (3,3',4',5-tetraclorosalicilânida), um

protonóforo que inibe esses dois grupos de bactérias, não causava maior diminuição nos níveis de amônia que a monensina, a qual é primariamente efetiva contra bactérias Gram positivas. Posteriormente foi demonstrado que esta cepa era a única bactéria ruminal sensível à monensina e que poderia fermentar lisina, desde que este aminoácido estivesse em altos níveis (VAN KESSEL; RUSSEL, 1992).

Experimentos recentes trazem dados ainda mais intrigantes quanto aos efeitos dos ionóforos sobre a utilização das proteínas. Yang e Russell (1993), ao alimentarem vacas não-lactantes com feno e diferentes níveis de farelo de soja, observaram que a administração de monensina diminuía em 30% os níveis ruminais de amônia, acompanhada de uma diminuição similar na atividade específica de produção desta amônia (nmol de amônia/mg de proteína/minuto). Este fato foi concomitante a uma diminuição em 10 vezes no número das bactérias que poderiam utilizar peptídeos e aminoácidos, ao invés de carboidratos, como fonte de energia. Apesar de a monensina não ter aumentado os níveis de proteína solúvel, peptídeos e aminoácidos no líquido ruminal, ela aumentou a concentração em proteína bacteriana. Concluiu-se que peptídeos e aminoácidos, protegidos da deaminação, foram convertidos em proteína microbiana por cepas resistentes ao ionóforo, o que poderia prover fluxo adicional de nitrogênio de origem bacteriana para o trato digestivo posterior, ao invés de nitrogênio de origem dietética. Tais resultados foram confirmados por Lana e Russell (1997).

Por último, não se pode deixar de citar o trabalho de Funk, Galyean e Ross (1986) que, ao observarem que a lasalocida não alterou a digestibilidade do nitrogênio, bem como o balanço nitrogenado ou a concentração ruminal de amônia, mas tendeu em diminuir os níveis séricos de uréia em ovinos recebendo dieta composta de 65% de concentrado, concluíram que o efeito protéico-protetor dos ionóforos seria explicado, como proposto primeiramente por Beede et al. (1986b), pelo aumento do suprimento de propionato, o qual, por ser

gliconeogênico, diminuiria a utilização da proteína absorvida para gliconeogênese ou oxidação nos tecidos.

Tão importantes quanto a causa metabólica responsável pela melhora na utilização da proteína ocasionada pelos ionóforos são os diversos fatores que alteram esta resposta, mas nem por isso os resultados são menos conflitantes. Araujo-Febres e Fernández (1991), ao estudarem os efeitos da monensina em novilhos submetidos à dietas com 15% e 26% de fibra bruta durante 42 dias, observaram aumento da digestibilidade da proteína bruta em 2,7% para a dieta alta em fibra e significativamente maior, na ordem de 32,7%, para a dieta baixa em fibra.

Estes dados concordam com os obtidos por McCann et al. (1990) que, ao alimentarem ovinos com dietas contendo 25%, 50% e 75% de volumosos, observaram que a monensina melhorou a digestibilidade do nitrogênio em 11,8% somente em animais recebendo dietas com 25% de volumoso e quando este era tratado com NaOH. Zinn, Plascencia e Barajas (1994) observaram que a monensina aumentava a quantidade de nitrogênio microbiano que chegava ao abomaso, e diminuía o nitrogênio de origem dietética, independentemente se os animais recebessem 10% ou 20% de volumosos na dieta. Entretanto, nenhum efeito foi observado sobre a digestão total do nitrogênio. Já Morris et al. (1990), ao utilizarem o antibiótico não-ionóforo tilosina adicionada juntamente com a monensina em vacas alimentadas com 90% de concentrado, obtiveram maior digestibilidade do nitrogênio quando comparada com os grupos controles, monensina ou lasalocida.

Alguns trabalhos têm demonstrado resultados diferentes com relação à dosagem utilizada. Bartley et al. (1979), realizando estudos *in vitro* com monensina e lasalocida, observaram que ambos aditivos diminuíram a síntese de proteína e que este efeito foi maior para a monensina em altos níveis, quando comparada à lasalocida, mas não em concentrações menores.

Dada a variabilidade das respostas obtidas com a utilização de ionóforos, vários trabalhos não apresentaram resultados estatisticamente significativos. Sip e Pritchard (1991), ao alimentarem novilhos com dietas constituídas por 80% de concentrados e diferentes níveis protéicos (90%, 100%, 110% e 120% das exigências), não observaram interações entre o nível de monensina e o de PB da dieta sobre o desempenho animal, atribuindo o aumento na resposta obtida com a monensina (7,6% no ganho de peso diário) à melhora no metabolismo energético e não ao seu efeito protéico-protetor, o que foi, ainda, substanciado pelo fato da monensina não ter provocado nenhum efeito nas concentrações plasmáticas de uréia.

Outros trabalhos não apresentaram efeitos dos ionóforos sobre a digestibilidade da PB quando o experimento foi realizado em bezerros ou ovelhas recebendo dietas peletizadas contendo 20%, 40% e 60% de volumosos e adicionadas de monensina (POMAR et al., 1989), sobre a digestibilidade do nitrogênio e retenção deste elemento nos tecidos quando novilhos receberam dietas com 12%, 27% e 40% de FDN e adicionadas de monensina (THORTON; OWENS, 1981), sobre as concentrações ruminiais de nitrogênio amoniacal de vacas leiteiras recebendo dietas com 30% ou 50% de concentrados (RAMAZIN et al., 1997), sobre as concentrações de nitrogênio amoniacal no meio de cultura contendo dietas com 0%, 50% ou 90% de concentrado (GARCIA-LOPEZ; KUNG; ODOM, 1996) ou sobre a degradabilidade efetiva da MS ou PB do farelo de soja quando este alimento foi incubado no rúmen de bovinos recebendo dietas com 40% ou 70% de volumoso mais lasalocida (RODRIGUES; LUCCI; CASTRO, 2000a). Entretanto, estes últimos pesquisadores, ao observarem que este produto aumentou a fração rapidamente degradável (parâmetro a da equação de ØRSKOV; McDONALD, 1979) da PB do farelo de soja em 12,3%, suspeitou da possibilidade dos resultados gerados neste experimento estarem tendenciados em consequência da possível heterogeneidade de concentração de lasalocida no líquido ruminal ao longo do dia, fato que poderia resultar em maior ou menor efeito sobre os microrganismos ruminiais, dependendo do

tempo em que cada amostra foi incubada e da duração dos efeitos da aplicação de ionóforos. Mas de qualquer forma esta possibilidade implicaria em atividade proteolítica inibida, durante o prazo em que há altas concentrações de lasalocida no líquido ruminal, mas aumentada quando esta concentração baixasse, podendo até anularem-se os efeitos já obtidos.

Van Nevel, Demeyer e Henderickx (1984) e Van Nevel e Demeyer (1990) reportaram que os efeitos da virginamicina foram similares aos da monensina *in vitro* ao obterem redução na degradação da caseína e produção de amônia. Ives et al. (2002) sugeriram que a virginamicina teria efeito “economizador” de proteína, principalmente pela redução na deaminação de aminoácidos *in vitro*, embora os estudos *in vivo* não dessem suporte a essa teoria.

Fébel, Fekete e Romvari (2001) relataram que a salinomicina, outro antibiótico não ionóforo, inibiu a proteólise e reduziu a eficiência da síntese de proteína microbiana. O efeito da salinomicina no metabolismo do nitrogênio foi independente da composição do substrato. Diferentemente da salinomicina, a flavomicina tendeu a aumentar a proteólise no rúmen e não inibiu a síntese de proteína.

1.2.6 Volume líquido ruminal e taxa de passagem de líquidos

Pesquisas realizadas por Lemenager et al. (1978), em novilhos recebendo dieta a base de 70% de volumoso de baixa qualidade, demonstraram que a monensina diminuiu a taxa de passagem sólida e o volume líquido ruminal em 43,6% e 26,2%, respectivamente, e apresentou tendência em diminuir a taxa de passagem de líquidos em 30,8%, porém nenhum efeito foi observado sobre o enchimento ruminal de MS. Ao utilizarem dietas predominantemente concentradas, a monensina diminuiu significativamente a taxa de passagem de líquidos em 9,6% a 22,0%. Da mesma forma, ao alimentarem ovinos com dieta

contendo 66,7% de volumoso adicionada de lasalocida ou monensina, Ricke et al. (1984) também observaram que esses aditivos tenderam em diminuir a taxa de passagem de sólidos em 13,0% e 15,2% e de líquidos em 5,9% e 9,8%, respectivamente, sem, contudo, causarem alterações sobre volume líquido ruminal.

Entretanto, Rogers e Davis (1982) mostraram que a monensina não alterou o volume líquido ruminal, a taxa de passagem de líquidos pelo rúmen, o fluxo total de líquidos e o fluxo total de líquidos por quilo de MS consumida em novilhos alimentados com dieta composta de 50% de volumoso. Estes pesquisadores afirmaram que, em estudos onde a adição de monensina reduzia o consumo de alimentos, como observado no experimento de Lemenager et al. (1978), a taxa de passagem de líquidos seria diminuída em virtude de uma marcante redução na ingestão de água e no fluxo salivar decorrente da menor ingestão. Essa diminuição na ingestão de alimentos permitiria aumento no tempo de retenção da matéria seca no rúmen, a qual seria em grande parte responsável pelos efeitos dos ionóforos. Essa hipótese é substantiada por outros trabalhos onde os ionóforos não alteraram os parâmetros de dinâmica ruminal (BOGAERT; GOMEZ; JOUANY, 1991; FREDRICKSON et al., 1993; GALLOWAY et al., 1993; KNOWLTON; ALLEN; ERICKSON, 1996; POOS; HANSON; KLOPFENSTEIN, 1979; RODRIGUES; LUCCI; CASTRO, 2000a; RODRIGUEZ; CRAIG; HEMBRY, 1986; YANG; RUSSEL, 1993).

1.2.7 Outros

Entre a sétima categoria de ação dos ionóforos inclui-se a possibilidade de menor incidência de edema e enfisema pulmonar em bovinos (SCHELLING, 1984), efeito anticetogênico dos ionóforos em vacas leiteiras (DUFFIELD et al., 1998; SAUER; KRAMER; CANTWELL, 1989), sem alterar a produção ou composição do leite (SAUER;

KRAMER; CANTWELL, 1989), diminuição da incidência de timpanismo em ruminantes (BRANINE; GALYEAN, 1990), diminuição no número e capacidade de sobrevivência de pupas de mosca do chifre nas fezes de bovinos (HERALD et al., 1982) e alteração do *status* mineral (REFFETT-STABEL et al., 1989; STEPHENSON et al., 1997) e lipídico (MAROUNEK; PETR; MACHAŇOVA, 1990) dos animais, diminuindo inclusive a lipólise (VAN NEVEL; DEMEYER, 1995), a biohidrogenação ruminal (FELLNER; SAUER; KRAMER, 1997) ou a proporção de ácidos graxos saturados no leite (SAUER et al., 1997).

REFERÊNCIAS

- ALERT, H. J.; POPPE, S.; LOHNER, M. The effect of flavomycin on the fattening performance of bulls. **Arch Tierernahr**, v. 43, n. 4, p. 371-380, 1993.
- ALLISON, M. L.; BRYANT, M. P. Volatile fatty acid as growth factor for cellulolytic cocci of bovine rumen. **Science**, v. 128, n. 3322, p. 474-475, 1958.
- ARAUJO-FEBRES, O.; FERNÁNDEZ, M. C. Efecto en novillos del monensin y el nivel de fibra de la dieta sobre el consumo y la digestibilidad de la materia seca. **Revista de la Facultad de Agronomía**, v. 8, n. 2, p. 143-153, 1991.
- ARCARO, J. R. P. **Efeitos da lasalocida sódica sobre o desempenho e composição do leite de vacas Holandesas e Pardo Suíças**. 1998. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 1998.
- BAILE, C. A.; McLAUGHLIN, C. L.; POTTER, E. L.; CHALUPA, W. Feeding behavior changes of cattle during introduction of monensin with roughage or concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 6, p. 1501-1508, 1979.
- BARTLEY, E. E.; HEROLD, E. L.; BECHTLE, R. M.; SAPIENZE, D. A.; BRENT, B. E. Effect of monensin or lasalocid, with and without niacin or aminocloral on rumen fermentation and feed efficiency. **Journal of Animal Science**, v. 49, n. 4, p. 1066-1075, 1979.
- BATEMAN, H. G.; WILLIAMS, C. C.; GANTT, D. T.; CHUNG, Y. H.; BEEM, A. E.; STANLEY, C. C.; GOODIER, G. E.; HOYT, P. G.; WARD, J. D.; BUNTING, L. D. Effects of zinc and sodium monensin on ruminal degradation of lysine-HCL and liquid 2-hidroxy-4-methylthiobutanoic acid. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 8, p. 2571-2577, 2004.
- BEEDE, D. K.; BATES, D. B.; HIRCHERT, E. M.; ROMERO, F.; O'CONNOR A. M.; SCHWINGEL, W. R.; DeLORENZO, M. A.; WILCOX, C. J. Lactational performance of midlactation Holstein cows fed lasalocid. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 417, 1986a, suplemento 1.
- BEEDE, D. K.; SCHELLING, G. T.; MITCHELL, G. E.; TUCKER, R. E.; GILL, W. W.; KOENIG, S. E.; LINDSEY, T. O. Nitrogen utilization and digestibility by growing steers and goats of diets that contain monensin and low crude protein. **Journal of Animal Science**, v. 62, n. 3, p. 857-863, 1986b.

BERGEN, W. G.; BATES, D. B. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1465-1483, 1984.

BOGAËRT, C.; GOMEZ, L.; JOUANY, J. P.; JEMINET, G. Effects of the ionophore antibiotics lasalocid and cationomycin on ruminal fermentation *in vitro* (RUSITEC). **Animal Feed Science and Technology**, v. 25, n. 1, p. 1-15, 1989.

BOGAËRT, C.; GOMEZ, L.; JOUANY, J. P. Effects of lasalocid and cationomycin on the digestion of plant cell walls in sheep. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 71, n. 2, p. 379-388, 1991.

BRANINE, M. E.; GALYEAN, M. L. Influence of grain and monensin supplementation on ruminal fermentation, intake, digesta kinetics and incidence and severity of frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 3, p. 1139-1150, 1990.

BRODERICK, G. A. Effect of low level of monensin supplementation on the production of dairy cows fed alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 2, p. 359-368, 2004.

CHALUPA, W. Manipulating rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 45, n. 3, p. 585-599, 1977.

CHALUPA, W.; CORBETT, W.; BRETHOUR, J. R. Effects of monensin and ampicillin on rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 51, n. 1, p. 170-179, 1980.

CHEN, G.; RUSSELL, J. B. Sodium-dependent transport of branched-chain amino acids by a monensin-sensitive ruminal *Peptostreptococcus*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 10, p. 2658-2663, 1989.

CHEN, G.; RUSSELL, J. B. Effect of monensin and a protonophore on protein degradation, peptide accumulation, and deamination by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 5, p. 2196-2203, 1991.

CHEN, M.; WOLIN, M. F. Effect of monensin and lasalocid on the growth of rumen and methane bacteria. **American Society of Microbiology**, 78th Annu. Meet., 1978. p. 88.

CHEN, M.; WOLIN, M. F. Effect of monensin and lasalocid-sodium on the growth of methanogenic and saccharolytic bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 38, n. 1, p. 72-77, 1979.

CHOW, J. M.; RUSSELL, J. B. Effect of pH and monensin on glucose transport by *Fibrobacter succinogenes*, a cellulolytic ruminal bacterium. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 58, n. 4, p. 1115-1120, 1992.

COE, M. L.; NAGAJARA, T. G.; SUN, Y. D.; WALLACE, E. G.; TOWNE, K. E.; HUTCHESON, J. P. Effects of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet during an induced acidosis. **Journal of Animal Science**, v. 77, n. 8, p. 2259-2268, 1999.

DARDEN, D. E.; MERCHEN, N. R.; BERGER, L. L.; FAHEY, G. C. Effects of avoparcin, lasalocid, and monensin on sites of nutrient digestion in beef steers. **Nutrition Reports International**, v. 31, n. 4, p. 979-989, 1985.

DA SILVA, S. C. **Efeito de bicarbonato de sódio e/ou lasalocida sobre parâmetros ruminais de bovinos alimentados com bagaço de cana tratado a pressão de vapor**. 1990. 120 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

DAWSON, K. A.; BOLING, J. Effects of potassium ion concentration on the antimicrobial activities of ionophores against ruminal anaerobes. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 10, p. 2636-2641, 1987.

DUFFIELD, T. F.; SANDALS, D.; LESLIE, K. E.; LISSEMORE, K.; McBRIDE, B. W.; LUMSDEN, J. H.; DIKC, P.; BAGG, R. Efficacy of monensin for the prevention of subclinical ketosis in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 11 p. 2866-2873, 1998.

ERASMUS, L. J.; ROBINSON, P. H.; AHMADI, A.; HINDERS, R.; GARRET, J. E. Influence of prepartum and postpartum supplementation of a yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 122, n. 3, p. 219-239, 2005.

FAULKNER, D. B.; KLOPFENSTEIN, T. J.; TROTTER, N. T.; BRITTON, R. A. Monensin effects on digestibility, ruminal protein escape and microbial protein synthesis on high-fiber diets. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 3, p. 654-660, 1985.

FÉBEL, H.; FEKETE, S.; ROMVARI, R. Comparative investigation of salinomycin and flavophospholipol in sheep fed different composed diets. **Arch Tierernahrh**, v. 54, n. 3, p. 225-242, 2001.

FÉBEL, H.; SZELÉNYI, M.; JÉCSAI, J.; JUHÁSZ, B. Effect of salinomycin, flavomycin and avoparcin on some physiological traits of growing lambs, with particular respect to rumen fermentation. **Acta Veterinaria Hungarica**, v. 36, n. 1-2, p. 69-80, 1988.

FELLNER, V.; SAUER, F. D.; KRAMER, J. K.G. Effect of nigericin, monensin, and tetronasin on biohydrogenation in continuous flow-through ruminal fermenters. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 5, p. 921-928, 1997.

FREDRICKSON, E. L.; GALYEAN, M. L.; BRANINE, M. E.; SOWELL, B.; WALLACE, J. D. Influence of ruminally dispensed monensin and forage maturity on intake and digestion. **Journal of Range Management**, v. 46, n. 3, p. 214-220, 1993.

FUNK, M. A.; GALYEAN, M. L.; ROSS, T. T. Potassium and lasalocid effects on performance and digestion in lambs. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 3, p. 685-691, 1986.

GALLARDO, M. R.; CASTILLO, A. R.; BARGO, F.; ABDALA, A. A.; MACIEL, M. G.; PEREZ-MONTI, H.; CASTRO, H. C.; CASTELLI, M. E. Monensin for lactating dairy cows grazing mixed-alfalfa pasture and supplemented with partial mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 2, p. 644-652, 2005.

GALLOWAY, D. L.; GOETSCH, A. L.; PATIL, A.; FORSTER Jr.; L. A.; JOHNSON, Z. B. Feed intake and digestion by Holstein steer calves consuming low-quality grass supplemented with lasalocid or monensina. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 869-879, 1993.

GARCIA-LOPEZ, P. M.; KUNG, L.; ODOM, J. M. *In vitro* inhibition of microbial methane production by 9,10-Anthraquinone. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 9, p. 2276-2284, 1996.

GOMEZ, L.; BOGAËRT, C.; JOUANY, J. P.; LASSALAS, B. The influence of lasalocid and cationomycin on nitrogen digestion in sheep: comparison of methods for estimating microbial nitrogen. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 71, n. 2, p. 389-399, 1991.

GOODRICH, R. D.; GARRET, J.B.; GAST, D. R. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1484-1498, 1984.

GREEN, B. L.; McBRIDE, B. W.; SANDALS, D.; LESLIE, K. E.; BAGG, R.; DICK, P. The impact of a monensin controlled-release capsule on subclinical ketosis in the transition dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 2, p. 333-342, 1999.

HAN, H.; HUSSEIN, H. S.; GLIMP, H. A.; SAYLOR, D. H.; GREENE, L. W. Carbohydrate fermentation and nitrogen metabolism of a finishing beef diet by ruminal microbes in continuous cultures as affected by ethoxyquin and (or) supplementation of monensin and tylosin. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 4, p. 1117-1123, 2002.

HEFNER, D. L.; HAROLD, F. M. ATP-driven sodium pump in *Streptococcus faecalis*. **Proceeding of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 79, n. 9, p. 2798-2802, 1982.

HERALD, F.; KNAPP, F. W.; BROWN, S.; BRADLEY, N. W. Efficacy of monensin as a cattle feed additive against the face fly and horn fly. **Journal of Animal Science**, v. 54, n. 6, p. 1128-1131, 1982.

HORTON, G. M. J.; NICHOLSON, H. H.; Rumen metabolism and feedlot responses by steers fed tylosin and monensin. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 60, n. 3, p. 919-924, 1980.

HUNGATE, R. E. **The Rumen and its Microbes**, New York: Academic Press, 1966. 206 p.

IVES, S. E.; TITGEMEYER, E. C.; NAGAJARA, T. G.; DEL BARRIOT, A.; BINDEL, D. J.; HOLLIS, L. C. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 3005-3015, 2002.

JACQUES, K. A.; COCHRAN, R. C.; CORRAH, L. R.; AVERY, T. B.; ZOELLNER, K. O.; HIGGINBOTHAM, J. F. Influence of lasalocid level on forage intake, digestibility, ruminal fermentation liquid flow and performance of beef cattle grazing winter range. **Journal of Animal Science**, v. 65, n. 3, p. 777-785, 1987.

KAWAKAMI, M.; NAGAI, Y. Anti-microbial activities of Enduracin (Enramycin) *in vitro* and *in vivo*. **The Journal of Antibiotics**, v. 24, n. 9, p. 583-586, 1971.

KNOWLTON, K. F.; ALLEN, M. S.; ERICKSON, P. S. Lasalocid and particle size of corn for dairy cows in early lactation. 2. Effect on ruminal measurements and feeding behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 4, p. 565-574, 1996.

LANA, R. P.; RUSSELL, J. B. Effect of forage quality and monensin on the ruminal fermentation of fistulated cows fed continuously at a constant intake. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 1, p. 224-229, 1997.

LEMENAGER, R. P.; OWENS, F. N.; SHOCKEY, B. J.; LUSBY, K. S.; TOTUSEK, R. Monensin effects on rumen turnover rate, twenty-four hour VFA pattern, nitrogen components and cellulose disappearance. **Journal of Animal Science**, v. 47, n. 1, p. 255-261, 1978.

LUCCI, C. S.; PEIXOTO, K. C. J.; AMARO, F. R.; RODRIGUES, P. H. M.; ALMEIDA, T. F.; SANTOS, M. V. Efeitos de níveis e de tempos de adaptação a lasalocida sódica sobre a degradabilidade ruminal do feno de coast-cross (*Cynodon dactylon*) e do farelo de soja em bovinos. **Boletim da Indústria Animal**, v. 58, n. 1, p. 95-112, 2001.

MACHADO, P. F. **Estudo dos efeitos da combinação isoácidos - monensina sobre a fermentação ruminal e desempenho de vacas em lactação**. 1988. 100 f. Tese (Livro Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1988.

MAROUNEK, M.; PETR, O.; MACHAŇOVÁ, L. Effect of monensin on *in vitro* fermentation of maize starch by hindgut contents of cattle. **Journal of Agricultural Science**, v. 115, n. 3, p. 389-392, 1990.

MAROUNEK, M.; DUSKOVA, D.; SKRIVANOVA, V. Effect of non-ionophore feed antibiotics on *in vitro* fermentation in the ovine rumen and rabbit caecum. **Journal of Agricultural Science**, v. 130, n. 1, p. 115-118, 1998.

MCCANN, M. A.; CRADDOCH, B. F.; PRESTON, R. L.; RANSEY, C. B. Digestibility of cotton plant by-products diets for sheep at two levels of intake. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 2, p. 285-295, 1990.

MCCAGHEY, W. P.; WITTENBERG, K.; CORRIGAN, D. Methane production by steers on pasture. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 77, n. 3, p. 519-524, 1997.

MCGINN, S. M.; BEAUCHEMIM, K. A.; COATES, T.; COLOMBATTO, D. Methane emissions from beef cattle: Effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 11, p. 3346-3356, 2004.

MCGUEFEY, R. K.; RICHADSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: Currents status and future outlook. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 194-203, 2001.

MORRIS, F. E.; BRANINE, M. E.; GALUEN, M. L.; HUBBERT, M. E.; FREEMAN, A. S.; LOFGREEN, G. P. Effects of rotating monensin plus tylosin and lasalocid on performance, ruminal fermentation, and site and extent of digestion in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 10, p. 3069-3078, 1990.

NAGAJARA, T. G.; TAYLOR, M. B.; HARMON, D. L. BOYER, J. E. In vitro lactic acid inhibition and alterations in volatile fatty acid production by antimicrobial feed additives. **Journal of Animal Science**, v. 65, n. 4, p. 1064-1076, 1987.

ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. **Journal of Agriculture Science**, v. 92, n. 4, p. 499-503, 1979.

OVCHINNIKOV, J. A. Physico chemical basis of ion transport through biological membranes: Ionophores and ion channels. **European Journal of Biochemistry**, v. 94, n. 2, p. 321-336, 1979.

POMAR, C.; BERNIER, J. F.; SEOANE, F. R.; LATRILLE, L. High-roughage rations with or without monensin for veal production. 2. Ration digestibility. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 69, n. 2, p. 403-410, 1989.

POOS, M. I.; HANSON, T. L.; KLOPFENSTEIN, T. J. Monensin effects on diet digestibility, ruminal protein bypass and microbial protein synthesis. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 6, p. 1516-1524, 1979.

POPPE, C.; ALERT, H. J.; MEIER, H.; LOHNER, H. The effect of flavomycin on digestion in fattening bulls. **Arch Tierernahr**, v. 43, n. 4, p. 363-369, 1993.

RAMANZIN, M.; BAILONI, L.; SCHIAVON, S.; BITTANTE, G.; Effect of monensin on milk production and efficiency of dairy cows fed two diets differing in forage to concentrate ratios. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 6, p. 1136-1142, 1997.

RAUN, A. P.; COOLEY, C. O.; POTTER, E. L.; RATHMATHER, R. P.; RICHARDSON, L. F. Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 43, n. 3, p. 670-677, 1976.

REFFETT-STABEL, J.; SPEARS, J. W.; HARVEY, R. W.; LUCAS, D. M. Salinomycin and lasalocid effects on growth rate, mineral metabolism and ruminal fermentation in steers. **Journal of Animal Science**, v. 67, n. 10, p. 2735-2742, 1989.

RICHARDSON, L. F.; RAUN, A. P.; POTTER, E. L.; COOLEY, C. O. Effect of monensin in rumen fermentation *in vitro* and *in vivo*. **Journal of Animal Science**, v. 43, n. 3, p. 657-664, 1976.

- RICKE, S. C.; BERGER, L. L.; VAN DER AAR, P. J.; FAHEY, G. C. Effects of lasalocid and monensin on nutrient digestion, metabolism and rumen characteristics of sheep. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 1, p. 194-202, 1984.
- RODRIGUES, P. H. M.; LUCCI, C. S.; CASTRO, A. L. Efeitos da lasalocida sódica e proporção volumoso/concentrado sobre a degradabilidade *in situ* do farelo de soja e do feno Coast Cross [*Cynodon dactylon* (L) Pers] em vacas secas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 37, n. 3, p. 253-258, 2000a.
- RODRIGUES, P. H. M.; LUCCI, C. S.; CASTRO, A. L. Efeitos da lasalocida sódica e proporção volumoso/concentrado sobre a fermentação ruminal em vacas secas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 37, n. 3, p. 259-264, 2000b.
- RODRIGUES, P. H. M.; MATTOS, W. R. S.; MEYER, P. M.; LUCCI, C. S.; MELOTTI, L. Effects of monensin level and roughage/concentrate ratio on ruminal fermentation in bovines. **Journal of Animal and Feed Science**, v.13, p. 195-198, 2004. Suplemento 1.
- RODRIGUEZ, S. L.; CRAIG, W. M.; HEMBRY, F. G. Changes in ruminal concentrations of microbial ammonia and amino acids due to monensin and time. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 6, p. 1990-1995, 1986.
- ROGERS, J. A.; DAVIS, C. L. Rumen volatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 6, p. 944-952, 1982.
- RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. Minireview: Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 1-6, 1989.
- RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J.; CHEN, G. The enrichment and isolation of a ruminal bacterium with a very high specific activity of ammonia production. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 54, n. 4, p. 872-878, 1988.
- RUSSELL, J. B.; HOULIHAN, A. J. Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 27, n. 1, p. 65-74, 2003.
- SAUER, F. D.; KRAMER, J. K.; CANTWELL, W. J. Antiketogenic effect of monensin in the early lactancy. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 2, p. 436-442, 1989.

SAUER, F. D.; FELLNER, V.; KINSMAN, R.; KRAMER, J. K. G.; JACKSON, H. A.; LEE, A. J.; CHEN, S. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 3, p. 906-914, 1997.

SCHELLING, G. T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1518-1527, 1984.

SIMPSON, M. E. Effects of certain antibiotics *in vitro* cellulose digestibility and volatile fatty acid (VFA) production by ruminal microorganisms. **Journal of Animal Science**, v. 47, p. 429, 1978. Suplemento 1.

SIP, M. L.; PRITCHARD, R. H. Nitrogen utilization by ruminants during restricted intake of high-concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 6, p. 2655-2662, 1991.

SMITH, G. E. **Energy metabolism, Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants**, Corvallis-OR: O and B Books, 1971. 601p.

SPEARS, J. W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 120, n. 6, p. 632-638, 1990.

STEPHENSON, K. A.; LEAN, I. J.; HYDE, M. L.; CURTIS, M. A.; GARVIN, J. K.; LOWE, L. B. Effects of monensin on the metabolism of periparturient dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 5, p. 830-837, 1997.

THORNTON, J. H.; OWENS, F. N. Monensin supplementation and *in vivo* methane production by steers. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 3, p. 628-634, 1981.

VAN DER MERWE, B. J.; DUGMORE, T. J.; WALSH, K. P. The effect of flavophospholipol (Flavomycin) on milk production and milk urea nitrogen concentration of grazing dairy cows. **South Africa Journal of Animal Science**, v. 31, n. 2, p. 101-105, 2001.

VAN KESSEL, J. S.; RUSSELL, J. B. Energetics of arginine and lysine transport by whole cells and membrane vesicles of strain SR, a monensin-sensitive ruminal bacterium. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 58, n. 3, p. 969-975, 1992.

VAN MAANEN, R. W.; HERBEIN, J. H.; MCGILLIARD, A. D.; YOUNG, J. W. Effects of monensin *in vivo* rumen propionate production and blood glucose kinetics in cattle. **Journal of Nutrition**, v. 108, n.5, p. 1002-1007, 1978.

VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Effect of antibiotics, a deaminase inhibitor and sarsaponin on nitrogen metabolism of rumen contents *in vitro*. **Animal Feed Science and Technology**, v. 31, n. 4, p. 323-348, 1990.

VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Effect of monensin on rumen metabolism *in vitro*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 34, n. 3, p. 251-257, 1977.

VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Lipolysis and biohydrogenation of soybean oil in the rumen *in vitro*: inhibition by antimicrobials. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 12, p. 2797-2806, 1995.

VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I.; HENDERICKX, H. K. Effect of virginiamycin on carbohydrate and protein metabolism in the rumen *in vitro*. **Arch Tierernahr**, v. 34, n. 2, p. 149-155, 1984.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. USA: O & B Books, Inc., 1983. 674 p.

WHETSTONE, H. D.; DAVIS, C. L.; BRYANT, M. P. Effect of monensin on breakdown of protein by ruminal microorganisms *in vitro*. **Journal of Animal Science**, v. 53, n. 3, p. 803-809, 1981.

YANG, C. M. J.; RUSSELL, J. B. The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation *in vivo* and the numbers of amino acid-fermenting bacteria. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 12, p. 3470-3476, 1993.

ZINN, R. A. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 65, n. 1, p. 256-266, 1987.

ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A.; BARAJAS, R. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 9, p. 2209-2215, 1994.

CAPÍTULO III

EFEITOS DA ENRAMICINA OU DA MONENSINA SÓDICA SOBRE A FERMENTAÇÃO RUMINAL EM BOVINOS

1 INTRODUÇÃO

Segundo Bergen e Bates (1984), constitui-se uma antiga busca dos nutricionistas de ruminantes em melhorar a eficiência da fermentação ruminal, seja através do aumento da produção de ácido propiônico, da diminuição da metanogênese ou da diminuição da proteólise e deaminação de proteínas no rúmen. Durante muito tempo estes objetivos foram perseguidos através da manipulação da dieta, porém nas últimas décadas, um grande número de compostos químicos tem sido testado para os mesmos fins.

Ionóforos são uma classe desses compostos que obteve considerável sucesso como aditivos alimentares. O uso de ionóforos como a monensina em animais não é recente. Seu início data da década de 70, com o objetivo de aumentar a eficiência de utilização de alimentos (GOODRICH; GARRET; GAST, 1984; RUSSEL; STROBEL, 1989).

A maior parte dos substratos energéticos na dieta dos ruminantes constitui-se de carboidratos fermentados pelos microorganismos ruminais, produzindo ácidos graxos voláteis (AGVs), metano e dióxido de carbono. Os AGVs produzidos pela fermentação microbiana são absorvidos e servem como a maior fonte energética para os ruminantes (SPEARS, 1990). Os ionóforos são substâncias de pequeno peso molecular que, ligadas a íons de vários minerais, se movimentam por intermédio das membranas celulares (LUCCI, 1997). Causam diminuição do crescimento de bactérias Gram positivas, alterando, dessa forma, a fermentação ruminal (NRC, 1989) e causando redução das perdas energéticas via metano (CHALUPA, 1977).

Van Der Merwe, Dugmore e Walsh (2001) citam também o uso de antibióticos não-ionóforos, como a avoparcina, flavomicina, tilosina, bacitracina, virginamicina, que promovem o crescimento do animal, alterando características fermentativas do rúmen.

Com o acidente ocorrido no Brasil, no início desta década, envolvendo a monensina e resultando na morte de cavalos intoxicados, tem se observado a busca por produtos mais

seguros e tão eficientes quanto este ionóforo. O produto testado neste experimento foi a enramicina, um antibiótico não-ionóforo, promotor de crescimento muito usado em aves e suínos. Possui estrutura polipeptídica e é produzido a partir da cepa de *Streptomyces fungicidus* (KAWAKAMI; NAGAI, 1971). Foram objetivos do presente experimento estudar os efeitos da administração da enramicina, em comparação com a monensina sódica, sobre a fermentação ruminal, consumo de matéria seca e comportamento alimentar em bovinos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas dependências do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (Campus de Pirassununga).

Foram utilizadas doze fêmeas bovinas mestiças, portadoras de cânulas ruminais, que possuíam, 675 ± 63 kg de peso vivo ao início do experimento e apresentavam-se não lactantes e não gestantes. O estábulo utilizado possuía baias individuais, com cochos de cimento, bebedouros automáticos, piso emborrachado e ventiladores suspensos no teto, que eram ligados nas horas mais quentes do dia. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três tratamentos, correspondendo ao controle negativo (ausência de antibiótico), tratado (enramicina) e controle positivo (monensina sódica). Para o tratamento com enramicina foi utilizado o produto comercial Enradin F80 (Coopers Brasil Ltda.) na dose de 20 mg de enramicina/animal/dia (250 mg de Enradin F80/animal/dia). Para o tratamento com monensina foi utilizado o produto comercial Rumensin (Elanco), na dose de 300 mg de monensina sódica/animal/dia. Cada produto foi pesado separadamente em balança analítica e depois acondicionado em envelopes confeccionados em papel absorvente. Estes foram administrados diariamente no interior do rúmen, através da fístula ruminal, durante o momento das refeições e misturados ao conteúdo ruminal por meio de agitação manual.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8:00h e 16:00h, através de uma dieta contendo 60% de concentrados e 40% de volumoso (Tabela 1). A dieta foi fornecida na forma de mistura completa, permitindo-se 10% de sobras.

Tabela 1 - Proporções de ingredientes utilizados e composição bromatológica das rações, com base na matéria seca

Ingredientes (%) <i>Ingredients (%)</i>	Proporção <i>Proportion</i>
Cana-de-açúcar <i>Sugar cane</i>	40,0
Grãos de milho moído <i>Corn grain, ground</i>	39,8
Farelo de soja <i>Soy bean, meal</i>	18,4
Calcário calcítico <i>Limestone</i>	0,30
Sal branco (NaCl) <i>White salt (NaCl)</i>	0,50
Mistura mineral ¹ <i>Mineral mixture</i>	1,00
	100,00
	Composição <i>Composition</i>
MS (%) <i>DM (%)</i>	55,10
PB (%) <i>CP (%)</i>	13,50
Proteína degradável (% da PB) ² <i>Rumen degradable protein (% of CP)</i>	64,50
Proteína não degradável (% da PB) ² <i>Undegradable protein (% of CP)</i>	35,50
FDA (%) <i>ADF (%)</i>	18,50
FDN (%) <i>NDF (%)</i>	27,70
EE (%) <i>EE (%)</i>	2,20
Energia Líq. Lact. (Mcal/kg) ² <i>NE_L (Mcal/kg)</i>	1,55
Ca (%) <i>Ca (%)</i>	0,39
P (%) <i>P (%)</i>	0,31

¹Composição por kg de mistura mineral: 180g Ca; 90g P; 20g Mg; 20g S; 100g Na; 3.000mg Zn; 1.000mg Cu; 1.250mg Mn; 2.000mg Fe; 200mg Co; 90mg I; 36mg Se; 900mg F (máximo).

Composition per kg of mineral mixture: 180g Ca; 90g P; 20g Mg; 20g S; 100g Na; 3,000mg Zn; 1,000mg Cu; 1,250mg Mn; 2,000mg Fe; 200mg Co; 90mg I; 36mg Se; 900mg F (maximum).

²Estimado segundo NRC (1989).

Estimated by NRC (1989).

O período experimental constitui-se em 21 dias, dos quais os primeiros 16 foram destinados à adaptação dos animais às dietas, do 17º ao 21º para avaliação do consumo de MS e o 21º para a colheita de líquido ruminal e avaliação do comportamento ingestivo. Amostras de líquido ruminal foram colhidas às 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após a primeira refeição do dia, em 3 diferentes locais do rúmen, totalizando aproximadamente 500 mL em cada colheita. Logo após, 50 mL do líquido ruminal foram centrifugados a 2000 FCR (força centrífuga relativa) por 15 minutos e 1 mL do sobrenadante foi adicionado à 0,2 mL de ácido fórmico e congelado para posterior determinação dos AGVs. Outros 2 mL do sobrenadante foram adicionados a 1 mL de ácido sulfúrico solução 1N e congelado a -20°C para posterior determinação do nitrogênio amoniacal. A determinação dos AGVs foi realizada através de cromatografia gasosa (ERWIN; MARCO; EMERY, 1961), no laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de São Paulo (VNP/FMVZ/USP). Para tal foi utilizado um cromatógrafo a gás (marca Finnigan, modelo 9001) equipado com coluna Megabore da Ohio Valley, modelo OV-351 de 1 Micron, possuindo 30 m de comprimento e 0,53 mm de diâmetro. O número de repetições por amostra foi aquele necessário para que a diferença entre as leituras fosse inferior a 5%. A solução padrão foi aplicada a cada 10 injeções sucessivas de amostras, tentando-se evitar, desta maneira, possíveis distorções das leituras em função da contaminação da coluna. A determinação do nitrogênio amoniacal (N-NH_3) foi realizada por colorimetria (FOLDAGER, 1977) e o pH do fluído ruminal em potenciômetro digital portátil.

O comportamento ingestivo foi avaliado observando-se os animais a cada 10 minutos durante as 12 horas que sucederam a primeira alimentação do dia. As atividades avaliadas foram divididas em comendo/bebendo, ruminando e ócio. Estes dados foram transformados em porcentagem do tempo total observado.

Os resultados foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1985). Os dados de consumo de matéria seca e comportamento alimentar foram submetidos à análise de variância (PROC GLM do SAS), que separou como única causa de variação o efeito de tratamento. Os dados referentes aos AGVs, pH e concentrações de nitrogênio amoniacal no líquido ruminal foram analisados conforme descrito, porém adicionados do fator medidas repetidas no tempo (comando REPEATED do GLM do SAS), referentes aos diversos momentos de colheita entre as refeições. Na presença de interação entre tempo e tratamento, a análise de variância dentro de cada tempo foi realizada através do comando SLICE (GLM do SAS). A separação dos efeitos de tratamentos foi realizada através do teste Tukey, adotando-se o nível de significância de 5%, exceto quando especificado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de consumo de matéria seca encontram-se na tabela 2. De forma geral, o consumo de matéria seca, que em média foi de 1,87% do peso vivo, independentemente do tratamento, apresentou-se dentro do esperado, considerando-se esta categoria animal. Nenhum dos antibióticos testados alterou o consumo de matéria seca, fossem os dados expressos em quilos/animal/dia, em porcentagem do peso vivo ou em g/kg de peso metabólico/dia. Autores como Gallardo et al. (2005), Grenn et al. (1999), Plazier et al. (2000) e Ruiz et al. (2001), todos ao utilizarem monensina, também não observaram alterações no consumo de matéria seca. Garcia et al. (2000), utilizando monensina em cabras alimentadas com dieta composta de 50% de concentrado e 50% de volumoso (feno de alfafa), e Rodrigues et al. (2001), utilizando monensina em ovinos recebendo 25%, 50% ou 75% de concentrado na dieta, também não constataram mudanças no consumo de matéria seca.

Tabela 2 - Consumo de matéria seca obtido com os tratamentos¹

	Tratamentos			Média	CV	Prob.
	Treatments					
	Controle	Enramicina	Monensina			
	<i>Control</i>	<i>Enramycin</i>	<i>Monensin</i>	<i>Mean</i>	<i>CV</i>	<i>Prob.</i>
CMS	12,08	13,81	13,82	13,23	21,92	NS
<i>DMI</i>						
CMS/PV	1,70	1,99	1,94	1,97	16,23	NS
<i>DMI/BW</i>						
CMS/PV ^{0,75}	87,73	101,60	100,23	96,52	17,37	NS
<i>DMI/BW^{0,75}</i>						

¹CMS: consumo de matéria seca (kg/animal/dia), CMS/PV: consumo de matéria seca em função do peso vivo (%), CMS/PV^{0,75}: consumo de matéria seca em gramas por kg de peso vivo metabólico (g/kg de PV^{0,75}), CV: coeficiente de variação (%), Prob: probabilidades estatísticas, NS: não significativo.

DMI: dry matter intake (kg/animal/day), DMI/BW: dry matter intake per body weight (%), DMI/BW^{0,75}: dry matter intake per kg of metabolic body weight (g/kg of BW^{0,75}), CV: coefficient of variation (%); Prob: statistical probability; NS: not significant.

Salles e Lucci (2000), utilizando diferentes níveis de suplementação de monensina e uma dieta predominantemente concentrada, constataram comportamento quadrático para o

consumo de matéria seca, onde a maior ingestão ocorreu quando foi oferecido 0,8mg de monensina/kg de PV e diminuição da ingestão para o nível mais alto de 1,2 mg de monensina/kg de PV.

Em ruminantes alimentados com alta proporção de carboidratos rapidamente fermentáveis, os ionóforos deprimem o consumo de alimento e não modificam o ganho de peso, o que implica em melhor conversão alimentar. Quando os ruminantes recebem dietas com elevadas quantidades de forragem, os ionóforos não deprimem o consumo e melhoram o ganho de peso (BERGEN; BATES, 1984). Entretanto, esses efeitos sobre o consumo não foram confirmados no presente experimento.

Resultados de estudos com vacas lactantes ou secas, ao se utilizar a monensina, têm sido variáveis em relação à ingestão de matéria seca e produção leiteira, esta provavelmente pelas diferenças no estágio de lactação. Segundo Tedeschi, Fox e Tylutki (2003), redução no consumo de matéria seca é uma consequência quando os animais alimentam-se apenas para suprir suas exigências energéticas. Quando em balanço energético positivo, tanto vacas secas quanto lactantes, a inclusão de monensina na dieta pode aumentar a energia disponível por unidade de alimento consumido (Mcal/kg), resultando em menor ingestão de matéria seca. Entretanto, quando as vacas estão em balanço energético negativo, durante o início da lactação, esta energia adicional disponível promovida pela monensina é usada para melhorar o desempenho produtivo e/ou reduzir as perdas de reservas corporais.

Os dados de fermentação ruminal obtidos com os antibióticos encontram-se na Tabela 3. Considerando os dados independentemente do tempo de amostragem, nenhum dos antibióticos testados afetou a concentração total de ácidos graxos voláteis, a proporção molar de ácido acético, propiônico ou butírico, a relação acético:propiônico, bem como o pH ou a concentração ruminal de nitrogênio amoniacal. Embora não tenha sido observado efeito de interação entre tratamento e tempo, ao se avaliarem os efeitos de tratamento dentro de cada

tempo, observou-se que a monensina aumentou a concentração total de AGVs no tempo 12 horas após a alimentação (Figura 1) e diminuiu a relação acético:propiónico nos tempo 0 e 6 horas, em relação à enramicina, mas não em relação ao grupo controle (Figura 2).

Tabela 3 – Padrão de fermentação ruminal obtido com os tratamentos¹

	Tratamentos			Média	CV	Probabilidade	
	Controle	Enramicina	Monensina			Trat.	Trat*tempo
	<i>Control</i>	<i>Enramycin</i>	<i>Monensin</i>	<i>Mean</i>	<i>CV</i>	<i>Treat.</i>	<i>Treat*time</i>
pH	6,29	6,37	6,25	6,31	5,46	NS	NS
AGV	104,62	105,12	116,49	108,74	12,26	NS	NS
VFA							
C ₂	66,28	66,99	64,23	65,83	6,28	NS	NS
C ₃	21,60	18,83	21,98	20,80	14,11	NS	NS
C ₄	12,12	14,18	13,80	13,64	25,30	NS	NS
C ₂ /C ₃	3,17	3,61	2,95	3,24	18,28	NS	0,0770
N-NH ₃	9,47	10,93	10,97	10,46	41,58	NS	0,0109

¹AGV: concentração total de ácidos graxos voláteis (mM); C₂: acético (% molar); C₃: propiónico (% molar); C₄: butírico (% molar); C₂/C₃: relação acético:propiónico; N-NH₃: nitrogênio amoniacal (mg/dL); CV: coeficiente de variação (%); Trat: probabilidade para efeito de tratamento; Trat*Tempo: probabilidade para efeito de interação entre tratamento e tempo; NS: não significativo.

VFA: total volatile fatty acids concentration (mM); C₂: acetic (molar %); C₃: propionic (molar %); C₄: butyric (molar %); C₂/C₃: acetic:propionic ratio; NH₃-N: ammoniacal nitrogen (mg/dL); CV: coefficient of variation (%); Treat: probability for treatment effect; Treat*Time: probability for treatment and time interaction effect; NS: non-significant.

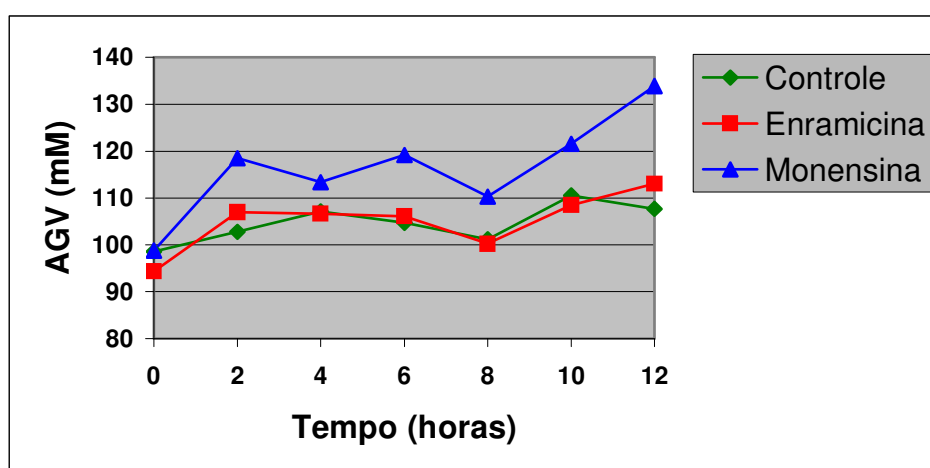


Figura 1 – Concentração total de AGVs (mM) no líquido ruminal

O padrão de ácidos graxos voláteis como resultado da adição de monensina tem sido bem documentado na literatura em várias espécies de ruminantes. Na maioria das vezes ocorre aumento da concentração de ácido propiônico e diminuição significativa das concentrações dos ácidos acético e butírico (GREEN et al., 1999), embora proporcionem menor efeito sobre a produção total de ácidos graxos voláteis (CHALUPA, 1977).

Do mesmo modo que este trabalho, Han et al. (2002) não constataram mudanças na concentração total de ácidos graxos voláteis em bovinos suplementados com monensina mais tilosina. Também Thorton e Owens (1981), trabalhando com dietas com diferentes níveis em fibras (40% ou 12% de FDA), não observaram mudanças na concentração total de ácidos graxos voláteis. Muitos autores obtiveram resultados concordantes com os observados no presente experimento como, Baile et al. (1979), Beede et al. (1986) Darden et al. (1985), e Fredrickson et al. (1993).

Broderick (2004), ao utilizarem a monensina na dose de 10 mg/kg de matéria seca, não observou alterações significativas nas concentrações desses ácidos orgânicos, resultado ocasionado provavelmente pela baixa dosagem. Prange, Davis e Clarck (1978) reportaram que a adição de 33 mg de monensina/kg de matéria seca em novilhas alimentadas com 70% de alfafa causou aumento na concentração molar de ácido propiônico de 19,1% para 24,7%, bem como diminuição na concentração molar de ácido acético de 71,0% para 66,8% e de ácido butírico de 9,9% para 8,5%. Ruiz et al. (2001) observaram alterações similares no que diz respeito aos AGVs, quando utilizada a dose de 350 mg/dia de monensina em vacas lactantes.

Uma das vantagens do aumento da concentração de ácido propiônico no rúmen é a diminuição de perdas por incremento calórico, já que o ácido acético possui incremento calórico maior que o ácido propiônico (BERGEN; BATES, 1984), o que deve resultar em mais energia para a produção ou menos energia requerida para manutenção (TEDESCHI; FOX; TYLUTKY; 2003).

Observou-se diminuição da relação acético:propiónico nos tempo 0 e 6 h (Figura 2) no grupo tratado com monensina, em relação à enramicina, mas não em relação ao grupo controle. O efeito da monensina em aumentar a proporção molar de ácido propiónico e diminuir a de ácido acético, comumente observado na literatura, foi explicado por Bergen e Bates (1984), tendo como causa a presença da enzima fumarato redutase nas bactérias ruminais produtoras de ácido propiónico, proporcionando resistência dessas bactérias à presença da monensina. Já Russel e Strobel (1989) condicionaram esta resistência à presença de uma membrana externa nas bactérias gram-negativas, agindo como barreira protetora ao acesso dos ionóforos e outras macromoléculas à membrana celular.

Entretanto, estes modelos de resistência podem ter exceções, pois, de acordo com Callaway e Russel (1999), algumas espécies de bactérias Gram negativas precisam de um período de adaptação para poderem se desenvolver na presença do ionóforo. Além disso, algumas espécies Gram positivas podem ser tão resistentes quanto as Gram negativas (CALLAWAY; RUSSEL, 2000). Um exemplo é a espécie *Clostridium aminophilum*, uma bactéria produtora de amônia e contribuinte na degradação de aminoácidos no rúmen, que, em estudos *in vitro*, foi inibida pela monensina (CHEN; RUSSEL, 1989). Já *in vivo* não pode ser eliminada do rúmen ao se utilizar o mesmo produto (KRAUSE; RUSSEL, 1996).

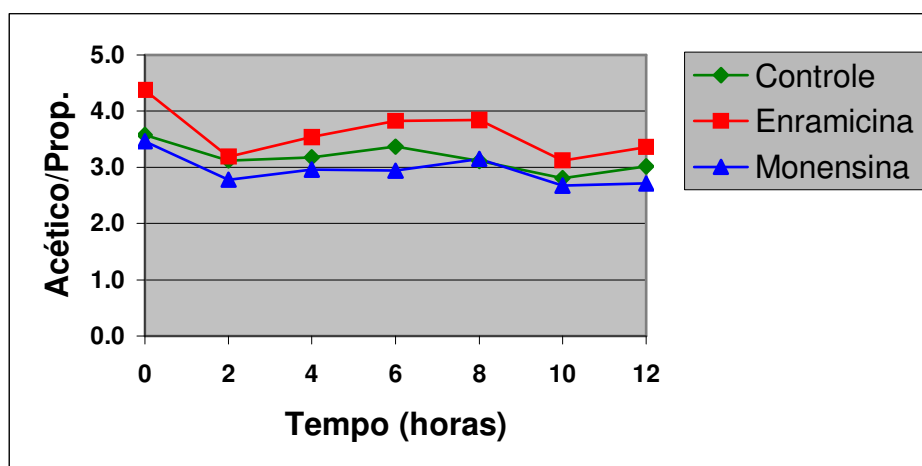


Figura 2 – Relação acético/propiónico no líquido ruminal

Diferente deste experimento, Yang e Russel (1993) observaram que a adição de monensina à dieta de vacas alimentadas com diferentes níveis de farelo de soja (0,0; 1,0; e 2,0 kg/dia) aumentou a proporção molar de propionato e diminuiu a relação acetato:propionato, sem interferir na concentração total de AGVs, sendo o efeito mais marcante nos animais alimentados com maior quantidade de farelo de soja. Os efeitos deste produto sobre a fermentação ruminal também foram confirmados por Broderick (2004), Ramazin et al. (1997), Ruiz et al. (2001) e Surber e Bowman (1998).

O uso de monensina em dietas contendo lipídeos insaturados, sendo fontes comuns destes a soja e o caroço de algodão, pode ter um efeito benéfico adicional porque a monensina diminui a transformação desses lipídeos em ácidos graxos livres (VAN NEVEL; DEMEYER, 1995), os quais são altamente tóxicos para os microorganismos ruminais (TEDESCHI; FOX; TYLUTKY; 2003).

Ives et al. (2002) não constataram alterações significativas nas proporções molares dos ácidos orgânicos, ao utilizarem a monensina mais tilosina ou virginamicina adicionadas à dieta basicamente concentrada. A avaporcina, outro antibiótico não ionóforo, não alterou significativamente as proporções molares dos AGVs, mas a concentração molar de ácido propiônico tendeu a aumentar com a adição deste produto e a de ácido butírico tendeu a diminuir, além de proporcionar queda significativa nas concentrações molares de isobutirato e isovalerato (HAIMOUD et al., 1995).

Resultados diferentes foram obtidos por Marounek, Duskova e Skrivanova (1998) ao constatarem aumento da concentração molar de ácido propiônico com a utilização da avaporcina, bacitracina ou tilosina. Já a flavomicina e a virginamicina aumentaram a concentração de ácido butírico, além disso, a flavomicina, tilosina e virginamicina causaram diminuição bastante significativa na concentração total de AGVs.

Não foram observados efeitos significativos da monensina ou da enramicina sobre o pH ruminal. Ruiz et al. (2001) também não observaram efeitos sobre o pH ruminal de vacas leiteiras alimentadas com forragem fresca e suplementadas com monensina, assim como Fredrickson et al. (1993), Mass et al. (2001), Nussio et al. (2003), Osborne et al. (2004) e Yang e Russel (1993). utilizando a monensina, Darden et al. (1985), ao utilizarem monensina ou lasalocida, Rodrigues, Lucci e Castro (2000), utilizando lasalocida e Haimoud et al. (1995) utilizando a avaporcina.

Estes dados contradizem autores como Green et al. (1999), Lana e Russel (1997) e Surber e Bowman (1998), ao utilizarem a monensina, os quais observaram aumentos do pH do líquido ruminal. Este aumento do pH ruminal seria causado, de acordo com Osborne et al. (2004), primariamente pela inibição das bactérias produtoras de lactato, as quais proliferariam em abundância sem a presença da monensina. Este dado deve ser levado em consideração já que, em muitos experimentos com animais alimentados com altas quantidades de carboidratos rapidamente fermentáveis, a monensina foi importante para o funcionamento normal do rúmen através da manutenção do pH ideal (OWES et al., 1998).

Tratamento e tempo interagiram para a concentração ruminal de nitrogênio amoniacal ($P = 0,0109$), embora nenhum efeito significativo de tratamento tivesse sido observado ao se realizar a análise em cada tempo separadamente (Figura 3).

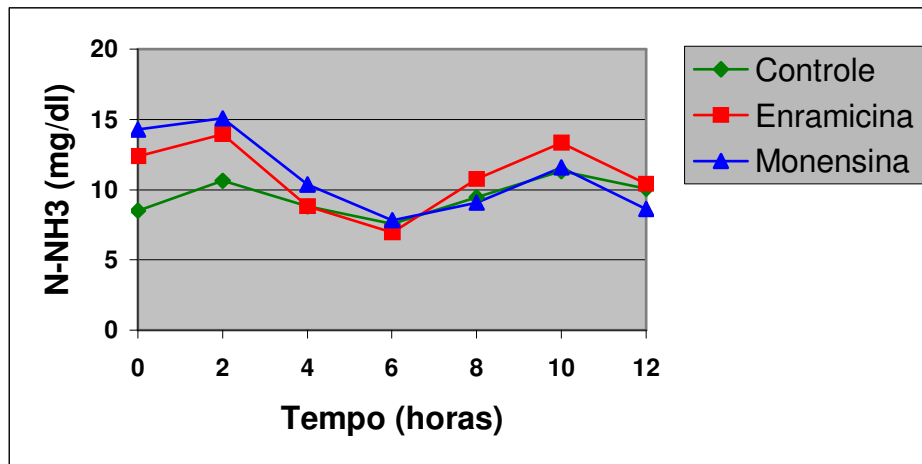


Figura 3 – Concentração de nitrogênio amoniaco (mg/dL) no líquido ruminal

Independentemente do tratamento, observou-se queda acentuada dos valores de nitrogênio amoniaco nas colheitas realizadas entre 4 e 6 horas após a primeira refeição do dia, sendo esta variabilidade comum em ruminantes alimentados de forma intermitente (MEHRES; ØRSKOV; MCDONALD, 1977). Há ainda outros fatores que podem influenciar este parâmetro, tais como local de amostragem no rúmen, tempo decorrido após a alimentação, período de estocagem da amostra, conservante ácido utilizado, método de determinação e tipo de dieta (WOHLT; CLARK; BLAISDELL, 1976). Bergen e Bates (1984) citam ainda que é comum observar efeitos da monensina em diminuir as concentrações de nitrogênio amoniaco. Esta queda é causada pela sua atuação sobre as bactérias gram-positivas, já que estas bactérias possuem alta especificidade para a produção de amônia, ao contrário das bactérias gram-negativas, que são resistentes à monensina.

Esta explicação também foi dada por Chen e Russell (1989) e Russell, Strobel e Chen (1988) ao constatarem redução da produção de amônia causada pelo antibiótico não-ionóforo flavomicina. Em animais tratados com avaporcina ou monensina, foi detectado respectivamente 35,6% e 53,0% menos nitrogênio amoniaco do que em animais que não receberam nenhum produto (HAIMOUD et al., 1995).

Rodrigues et al. (2004), utilizando diferentes doses de monensina e diferentes proporções concentrado/volumoso, observaram queda nos valores de nitrogênio amoniacal independentemente dos níveis de monensina ou fibra na dieta.

Mwenya et al. (2004) obtiveram queda no valor de nitrogênio amoniacal em novilhas alimentadas com monensina em relação ao grupo que não a recebeu. Estudos com bovinos alimentados com altas quantidades de grãos (HAIMOUD et al., 1995) e com alta quantidade de volumoso (RUIZ et al., 2001) mostraram que os ionóforos efetivamente diminuem a concentração de amônia no fluido ruminal. A monensina diminui a atividade proteolítica, obrigando as bactérias a fermentar carboidratos (RUSSELL; STROBEL, 1989). Conseqüentemente, a concentração de amônia no rúmen pode diminuir, ocasionado pela redução na degradação de proteína e aminoácidos presentes nos alimentos (MWENYA et al., 2004).

O presente trabalho condiz com outros que também não obtiveram alterações significativas da monensina sobre a concentração do nitrogênio amoniacal, como Ramazin et al. (1997), trabalhando com vacas leiteiras recebendo dietas com 30% ou 50% de concentrados, Garcia-Lopez, Kung e Odom (1996), utilizando meio de cultura contendo dietas com 0%, 50% ou 90% de concentrados, e Lana e Russel (1997), utilizando dietas com 0, 50 ou 100% de alfafa. Estes últimos não observaram efeitos da monensina nas duas primeiras dietas, apenas na última em que houve aumento do nitrogênio amoniacal.

Os dados de comportamento alimentar encontram-se na Tabela 4. Nenhum dos antibióticos testados alterou o padrão de comportamento alimentar. De forma geral, os animais passaram aproximadamente 20% do seu tempo comendo, 25% do tempo ruminando e 50-55% do tempo em ócio.

Tabela 4 – Comportamento alimentar obtido com os tratamentos¹

	Tratamentos			Média	CV	Prob.
	Controle	Enramicina	Monensina			
	<i>Control</i>	<i>Enramycin</i>	<i>Monensin</i>	<i>Mean</i>	<i>CV</i>	<i>Prob.</i>
Comendo <i>Eating</i>	18,49	22,60	21,23	20,78	28,37	NS
Ruminando <i>Ruminating</i>	25,00	30,48	22,26	25,91	32,54	NS
Ócio <i>Resting</i>	65,51	46,92	56,51	53,31	19,89	NS

¹Comendo: porcentagem do tempo gasto comendo (%); Ruminando: porcentagem do tempo gasto ruminando (%); Ócio: porcentagem do tempo gasto descansando (%); CV: coeficiente de variação (%); Prob: probabilidades estatísticas; NS: não significativo.

Eating: percentage of time eating (%); Ruminating: percentage of time ruminating (%); Resting: percentage of time resting (%); CV: coefficient of variation (%); Prob: statistical probability; NS: non-significant.

Baile et al. (1979) afirmaram que os ruminantes são capazes de detectar a presença do aditivo comercial que contém a monensina, já que o sabor é suficiente para causar aversão imediata ao produto, mas não a monensina sódica propriamente dita, sendo este efeito principalmente observado em dietas predominantemente concentradas. Esta informação é bastante interessante dada a afirmação realizada por Chalupa (1977), de que “não existe qualquer dado disponível a respeito dos efeitos dos ionóforos sobre o comportamento alimentar ou se alguma parte da depressão do consumo é devida à aversão condicionada, fatores gustativos ou olfatórios, ou, ainda, mal-estar do animal”.

Assim com Baile et al. (1979), Erickson et al. (2004), ao final de dois estudos em que os animais tinham acesso à dietas contendo monensina ou lasalocida ou alimento sem ionóforos, concluíram, em ambos, que os bovinos preferem o alimento sem a presença dos produtos. Constataram ainda preferência aos alimentos contendo lasalocida sobre aqueles contendo monensina. Em bezerros recém nascidos recebendo monensina, não foi possível notar qualquer aversão ao alimento, provavelmente pela não associação do produto ao alimento (SALLES; LUCCI, 2000).

Artigos científicos em relação à atuação da enramicina sobre os parâmetros testados neste experimento são ausentes na literatura.

4 CONCLUSÃO

Em condições de dietas predominantemente concentradas, com cana-de-açúcar como único volumoso, não foi possível demonstrar os efeitos benéficos da monensina ou da enramicina sobre a fermentação ruminal.

5 RESUMO

Foram objetivos do presente experimento estudar os efeitos da administração da enramicina, em comparação com a monensina sódica, sobre a fermentação ruminal em bovinos. Doze fêmeas bovinas não-gestantes e não-lactantes (675 ± 63 kg de PV) foram distribuídas inteiramente ao acaso aos três tratamentos formados por um grupo controle, um grupo tratado com enramicina e outro tratado com monensina. A enramicina foi administrada na dose de 20 mg/animal/dia e a monensina na dose de 300 mg/animal/dia. O experimento teve duração total de 21 dias, sendo o 21º dia utilizado para colheitas de líquido ruminal realizadas às 0, 2, 4, 6, 8, 10 e 12 horas após a 1ª refeição. A monensina aumentou a concentração total de AGVs no tempo 12 horas após a alimentação e diminuiu a relação acético:propiónico nos tempo 0 e 6 h, em relação à enramicina, mas não em relação ao controle. Nenhum dos antibióticos testados alterou a proporção molar de acético, propiónico ou butírico, bem como o pH ou a concentração ruminal de nitrogênio amoniacal. Também não alteraram o consumo de matéria seca ou o comportamento ingestivo, avaliado em atividades de alimentação, ruminação e ócio.

Palavras-chave: Ácidos graxos voláteis. Consumo. Enramicina. Ionóforos. Ruminantes.

6. ABSTRACT

The objective of this research was to study the effects of enramycin administration, compared to sodium monensin, on ruminal fermentation in bovine. Twelve non-pregnant and non-lactating cows (675 kg \pm 63 of BW) were randomly assigned to three treatments: control group, enramycin-treated group and monensin-treated group. Treatments were 20 mg/animal/day of enramycin or 300 mg/animal/day of monensin. Trial lasted 21 days, the 21st was used for ruminal fluid sampling at 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 hours after 1st meal. Monensin increased total VFA concentration 12 h after feeding and decreased the acetic:propionic ratio at times 0 and 6 h, in relation to enramycin, but not when compared to control. The two ionophores tested did not influence the molar proportion of acetic, propionic or butiric acids, pH, ammoniacal-N concentration, or dry matter intake and intake behavior, evaluated during activities of feeding, rumination and idleness.

Key words: Enramycin. Intake. Ionophores. Ruminants. Volatile fatty acids.

REFERÊNCIAS

BAILE, C. A.; MCLAUGHLIN, C. L.; POTTER, E. L.; CHALUPA, W. Feeding behavior changes of cattle during introduction of monensin with roughage or concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v. 48, n. 6, p. 1501-1508, 1979.

BEEDE, D. K.; BATES, D. B.; HIRCHERT, E. M.; ROMERO, F.; O'CONNOR, A. M.; SCHWINGEL, W. R.; DELORENZO, M.A.; WILCOX, C. J. Lactational performance of midlactation Holstein cows fed lasalocid. **Journal of Animal Science**, v. 63, p. 417, 1986. Suplemento 1.

BERGEN, W. G.; BATES, D. B. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1465-1483, 1984.

BRODERICK, G. A. Effect of low level of monensin supplementation on the production of dairy cows fed alfafa silage. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 2, p. 359-368, 2004.

CALLAWAY, T. R.; RUSSEL, J. B. Selection of a highly monensin-resistant *Prevotella bryantii* sub-population with altered outer membrane characteristics. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 65, n. 11, p. 4753-4759, 1999.

CALLAWAY, T. R.; RUSSEL, J. B. Variations in the ability of ruminal Gram-negative *Prevotella* species to resist monensin. **Current Microbiology**, v. 40, n. 3, p. 185-190, 2000.

CHALUPA, W. Manipulating rumen fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 45, n. 3, p. 585-599, 1977.

CHEN, G.; RUSSEL, J. B. Sodium-dependent transport of branched-chain amino acids by a monensin-sensitive ruminal *Peptostreptococcus*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 10, p. 2658-2663, 1989.

DARDEN, D. E.; MERCHEN, N. R.; BERGER, L. L.; FAHEY, G. C. Effects of avoparcin, lasalocid, and monensin on sites of nutrient digestion in beef steers. **Nutrition Reports International**, v. 31, n. 4, p. 979-989, 1985.

ERICKSON, P. S.; DAVIS, M. L.; MURDOCK, C. S.; PASTIR, K. E.; MURPHY, M. R.; SCHWAB, C. G. MARDEN, J. I. Ionophores taste preference of dairy heifers. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 11, p. 3314-3320, 2004.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768-1771, 1961.

FOLDAGER, J. **Protein requirement and non protein nitrogen for high producing cow in early lactation**. East Lansing, MI: MSU, 1977. 167p. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Michigan State University, 1977.

FREDRICKSON, E. L.; GALYEAN, M. L.; BRANINE, M. E.; SOWELL, B.; WALLACE, J. D. Influence of ruminally dispensed monensin and forage maturity on intake and digestion. **Journal of Range Management**, v. 46, n. 3, p. 214-220, 1993.

GALLARDO, M. R.; CASTILLO, A. R.; BARGO, F.; ABDALA, A. A.; MACIEL, M. G.; PEREZ-MONTI, H.; CASTRO, H. C.; CASTELLI, M. E. Monensin for lactating dairy cows grazing mixed-alfalfa pasture and supplemented with partial mixed ration. **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 2, p. 644-652, 2005.

GARCIA, C. C. G.; MENDOZA, M. G. D.; GONZÁLEZ, M.S.; COBOS, P. M.; ORTEGA, C. M. E.; RAMIREZ, L. R. Effect of a yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and monensin on ruminal fermentation and digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 83, n. 2, p. 165-170, 2000.

GARCIA-LOPEZ, P. M.; KUNG, L.; ODOM, J. M. *In vitro* inhibition of microbial methane production by 9,10-Anthrarquinone. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 9, p. 2276-2284, 1996.

GOODRICH, R. D.; GARRET, J. B.; GAST, D. R. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1484-1498, 1984.

GREEN, B. L.; MCBRIDE, B. W.; SANDALS, D.; LESLIE, K. E.; BAGG, R.; DICK, P. The impact of a monensin controlled-release capsule on subclinical ketosis in the transition dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 2, p. 333-342, 1999.

HAIMOUD, D. A.; VERNAY, M.; BAYOURTHE, C.; MONCOULON, R. Avoparcin and monensin effects on the digestion of nutrients in dairy cows fed a mixed diet. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 75, n. 2, p. 379-385, 1995.

HAN, H.; HUSSEIN, H.S.; GLIMP, H.A.; SAYLOR, D.H.; GREENE, L.W. Carbohydrate fermentation and nitrogen metabolism of a finishing beef diet by ruminal microbes in continuous cultures as affected by ethoxyquin and (or) supplementation of monensin and tylosin. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 4, p. 1117-1123, 2002.

IVES, S. E.; TITGEMEYER, E. C.; NAGAJARA, T. G.; DEL BARRIOT, A.; BINDEL, D. J.; HOLLIS, L. C. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 3005-3015, 2002.

KAWAKAMI, M.; NAGAI, Y. Anti-microbial activities of Enduracin (Enramycin) *in vitro* and *in vivo*. **The Journal of Antibiotics**, v. 24, n. 9, p. 583-586, 1971.

KRAUSE, D. O.; RUSSEL, J. B. An rRNA approach for assessing the role of obligate amino acid-fermenting bacteria in ruminal amino acid degradation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 62, n. 3, p. 815-821, 1996.

LANA, R. P.; RUSSELL, J. B. Effect of forage quality and monensin on the ruminal fermentation of fistuled cows fed continuously at a constant intake. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 1, p. 224-229, 1997.

LUCCI, C. S. **Nutrição e manejo de bovinos leiteiros**. 1. ed. São Paulo: Ed. Manole Ltda. 1997. 169 p.

MASS, J. A.; WILSON, G. F.; MCCUTCHEON, S. N.; LYNCH, G. A.; BURNHAM, D. L.; FRANCE, J. The effect of season and sodium monensin on the digestive characteristics of autumn and spring pasture fed to sheep. **Journal of Animal Science**, v. 79, n. 4, p. 1052-1058, 2001.

MAROUNEK, M.; DUSKOVA, D.; SKRIVANOVA, V. Effect of non-ionophore feed antibiotics on *in vitro* fermentation in the ovine rumen and rabbit caecum. **Journal of Agricultural Science**, v. 130, n. 1, p. 115-118, 1998.

MEHRES, A. Z.; ØRSKOV, E. R.; McDONALD, I. Rates fermentation in relation to ammonia concentration. **The British Journal of Nutrition**, v. 38, n. 3, p. 437-443, 1977.

MWENYA, B.; SAR, C.; SANTOSO, B.; KOBAYASHI, T.; MORIKAWA, R.; TAKAURA, K.; UMETSU, K.; KOGAWA, S.; KIMURA, K.; MIZUKOSHI, H.; TANAHASHI, J. Comparing the effects of β 1-4 galacto-oligosaccharides and L-Cysteine to monensin on energy and nitrogen utilization in steers fed a very high concentrate diet. **Animal Feed Science and Technology**, v. 118, n. 1, p. 19-30, 2004.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements for dairy cattle** – 6.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. 157p.

NUSSIO, C. M. B.; SANTOS, F. A. P.; ZOPOLLATTO, M.; PIRES, A. V.; MORAIS, J. B.; FERNANDES, J. J. R. Parâmetros de fermentação e medidas morfométricas dos compartimentos ruminais de bezerros leiteiros suplementados com milho processado (floculado vs. laminado a vapor) e monensina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 1021-1031, 2003.

OSBORNE, J. K.; MUTSVANGWA, T.; ALZAHAL, O.; DUFFIELD, T. F.; BAGG, R. DICK, P.; VESSIE, G.; McBRIDE, B. W. Effects of monensin on ruminal forage degradability and total tract diet digestibility in lactating dairy cows during grain-induced subacute ruminal acidosis. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 6, p. 1840-1847, 2004.

OWES, F. N.; SECRIST, D. S.; HILL, W. J.; GILL, D. R. Acidosis in cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 1, p. 275-286, 1998.

PLAZIER, J. C.; MARTIN, A.; DUFFIED, T.; BAGG, R.; DICH, P.; MCBRIDE, B. W. Effect of a prepartum administration of monensin in a controlled-release capsule on apparent digestibilities and nitrogen utilization in transition dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 12, p. 2918-2925, 2000.

PRANGE, R. W.; DAVIS, C. L.; CLARK, J. H. Propionate production in the rumen of Holstein steers fed either a control or monensin supplemented diet. **Journal of Animal Science**, v. 46, n. 4, p. 1120-1124, 1978.

RAMAZIN, M.; BAILONI, L.; SCHIAVON, S.; BITTANTE, G. Effect of monensin on milk production and efficiency of dairy cows fed two diets differing in forage to concentrate ratios. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 8, p. 1136-1142, 1997.

RODRIGUES, P.H.M.; LUCCI, C.S.; CASTRO, A.L. Efeitos da lasalocida sódica e proporção volumoso/concentrado sobre a fermentação ruminal em vacas secas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 37, n. 3, p. 259-264, 2000.

RODRIGUES, P. H. M.; MATTOS, W. R. S.; MELOTTI, L.; RODRIGUES, R. R. Monensina e digestibilidade aparente em ovinos alimentados com proporções de volumoso e concentrado. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 449-455, 2001.

RODRIGUES, P. H. M.; MATTOS, W. R. S.; MEYER, P. M.; LUCCI, C. S.; MELOTTI, L. Effects of monensin level and roughage/concentrate ratio on ruminal fermentation in bovines. **Journal of Animal and Feed Science**, v. 13, p. 195-198, 2004. Suplemento 1.

RUIZ, R.; ALBRECHT, G. L.; TEDESCHI, L. O.; JARVIS, G.; RUSSEL, J. B.; FOX, D. G. Effect of monensin on the performance and nitrogen utilization of lactating dairy cows consuming fresh forage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 7, p. 1717-1727, 2001.

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. Minireview: The effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 1-6, 1989.

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J.; CHEN, G. The enrichment and isolation of a ruminal bacterium with a very high specific activity of ammonia production. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 54, n. 4, p. 872-878, 1988.

SALLES, M. S. V.; LUCCI, C. S. Monensina para bezerros ruminantes em crescimento acelerado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 573-581, 2000.

SAS Statistical Analysis System. **SAS user's guide: statistics**. Versão 5, Cary, SAS, 1985.

SPEARS, J. W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 120, n. 6, p. 632-638, 1990.

SURBER, L. M. M.; BOWMAN, J. G. P. Monensin effects on digestion of corn or barley high-concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 7, p. 1945-1954, 1998.

TEDESCHI, L. O.; FOX, D. G.; TYLUTKI, T. P. Potential environmental benefits of ionophores in ruminants diets. **Journal of Environmental Quality**, v. 32, n. 5, p. 1591-1602, 2003.

THORNTON, J. H.; OWENS, F. N. Monensin supplementation and *in vivo* methane production by steers. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 3, p. 628-634, 1981.

VAN DER MERWE, B. J.; DUGMORE, T. J.; WALSH, K. P. The effect of flavophospholipol (Flavomycin) on milk production and milk urea nitrogen concentration of grazing dairy cows. **South Africa Journal of Animal Science**, v. 31, n. 2, p. 101-105, 2001.

VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Lipolysis and biohydrogenation of soybean oil in the rumen *in vitro*: inhibition by antimicrobials. **Journal of Dairy Science**, v. 78, n. 12, p. 2797-2806, 1995.

WOHLT, J. E.; CLARK, J. H.; BLAISDELL, F. S. Effects of sampling location, time and method of concentration of ammonia nitrogen in the rumen. **Journal of Dairy Science**, v. 59, n. 3, p. 459-464, 1976.

YANG, C. M. J.; RUSSEL, J. B. The effect of monensin supplementation on ruminal ammonia accumulation *in vivo* and the numbers of amino acid-fermenting bacteria. **Journal of Animal Science**, v. 71, n. 12, p. 3470-3476, 1993.

CAPÍTULO IV

EFEITOS DA ENRAMICINA OU DA MONENSINA SÓDICA SOBRE A DIGESTÃO TOTAL EM BOVINOS

1. INTRODUÇÃO

Ionóforos são substâncias produzidas por várias cepas de *Streptomyces sp.* Entre elas incluem-se a monensina, lasalocida, salinomocina, narasina e outras. Por definição, ionóforos são moléculas de baixo peso molecular capazes de interagir estequiometricamente com íons metálicos, servindo como transportadores mediante os quais estes íons podem ser levados através de uma membrana lipídica biomolecular (OVCHINNIKOV, 1979).

Ionóforos, como a monensina, aumentam a produção de ácido propiônico no rúmen, o que resulta em decréscimo da proporção de ácido acético, mas sem alterar significativamente a concentração total de ácidos graxos voláteis. Esse efeito é causado pela ação seletiva na população microbiana, diminuindo o número de bactérias Gram positivas (KONE; MACHADO; COOK, 1989). A resistência das bactérias Gram negativas aos ionóforos parece ser conferida pela presença de uma camada peptidoglicana em sua membrana que é impermeável a grandes moléculas (RUSSEL; STROBEL, 1989).

Conforme proposto por Schelling (1984), pode-se diferenciar os modos de ação dos ionóforos em dois tipos: um básico, ocorrendo na membrana celular dos microorganismos ruminais, e outro sistêmico, composto por sete categorias de ação, resultantes da alteração do metabolismo das bactérias do rúmen e afetando a resposta animal. Desta forma, os ionóforos possuem a capacidade de aumentar a eficiência do metabolismo energético e protéico no rúmen e no animal, além de diminuir a incidência de distúrbios digestivos (BERGEN; BATES, 1984).

Segundo Lucci et al. (2001), o efeito dos ionóforos sobre a digestibilidade ruminal pode sofrer influência de diversos fatores, dentre os quais os mais importantes são: adaptação, dieta, estado fisiológico e idade dos animais, tempo de incubação, tipo e dose do produto utilizado. Também de acordo com Spears (1990), tanto em rações ricas em concentrados

como nas ricas em volumosos, a monensina e a lasalocida tem aumentado a digestibilidade da fibra. Este aumento nem sempre é uma constante, pois autores como Pomar et al. (1989) constataram diminuição na digestibilidade da fibra em dietas predominantemente concentradas e aumento em dietas predominantemente volumosas. Outros, como McCann et al. (1990), observaram a capacidade da monensina em aumentar a digestibilidade da fibra e da proteína à medida que a proporção de volumoso era diminuída.

Van Der Merwe, Dugmore e Walsh (2001) citam também o uso de antibióticos não-ionóforos, como a avoparcina, flavomicina, tilosina, bacitracina e virginamicina, que promovem o crescimento do animal, alterando características fermentativas do rúmen.

Novos produtos com potencial de modificar a fermentação ruminal tem sido desenvolvidos e necessitam ser testados. O produto testado neste experimento foi a enramicina, um antibiótico não-ionóforo, promotor de crescimento muito usado em aves e suínos. É produzido a partir da cepa de *Streptomyces fungicidus* e apresenta estrutura polipeptídica (KAWAKAMI; NAGAI, 1971). Foram objetivos do presente experimento estudar os efeitos da administração da enramicina, em comparação com a monensina sódica, sobre digestão total dos nutrientes da dieta e consumo de matéria seca digestível e de NDT, em bovinos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido nas dependências do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (Campus de Pirassununga).

Foram utilizadas doze fêmeas bovinas mestiças, portadoras de cânulas ruminais, que possuíam, 675 ± 63 kg de peso vivo ao início do experimento e apresentavam-se não lactantes e não gestantes. O estábulo utilizado possuía baias individuais, com cochos de cimento, bebedouros automáticos, piso emborrachado e ventiladores suspensos no teto, que eram ligados nas horas mais quentes do dia. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com três tratamentos, correspondendo ao controle negativo (ausência de antibiótico), tratado (enramicina) e controle positivo (monensina sódica). Para o tratamento com enramicina foi utilizado o produto comercial Enradin F80 (Coopers Brasil Ltda.) na dose de 20 mg de enramicina/animal/dia (250 mg de Enradin F80/animal/dia). Para o tratamento com monensina foi utilizado o produto comercial Rumensin (Elanco), na dose de 300 mg de monensina sódica/animal/dia. Cada produto foi pesado separadamente em balança analítica e depois acondicionado em envelopes confeccionados em papel absorvente. Estes foram administrados diariamente no interior do rúmen, através da fístula ruminal, durante o momento das refeições e misturados ao conteúdo ruminal por meio de agitação manual.

Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8:00h e 16:00h, com uma dieta contendo 60% de concentrados e 40% de volumoso (Tabela 1). A dieta foi fornecida na forma de mistura completa, permitindo-se 10% de sobras.

Tabela 1 - Proporções de ingredientes utilizados e composição bromatológica das rações, com base na matéria seca

Ingredientes (%) <i>Ingredients (%)</i>	Proporção <i>Proportion</i>
Cana-de-açúcar <i>Sugar cane</i>	40,0
Grãos de milho moído <i>Corn grain, ground</i>	39,8
Farelo de soja <i>Soy bean, meal</i>	18,4
Calcário calcítico <i>Limestone</i>	0,30
Sal branco (NaCl) <i>White salt (NaCl)</i>	0,50
Mistura mineral ¹ <i>Mineral mixture</i>	1,00
	100,00
	Composição <i>Composition</i>
MS (%) <i>DM (%)</i>	55,10
PB (%) <i>CP (%)</i>	13,50
Proteína degradável (% de PB) ² <i>Rumen degradable protein (% of CP)</i>	64,50
Proteína não degradável (% de PB) ² <i>Undegradable protein (% of CP)</i>	35,50
FDA (%) <i>ADF (%)</i>	18,50
FDN (%) <i>NDF (%)</i>	27,70
EE (%) <i>EE (%)</i>	2,20
Energia Líq. Lact. (Mcal/kg) ² <i>NE_L (Mcal/kg)</i>	1,55
Ca (%) <i>Ca (%)</i>	0,39
P (%) <i>P (%)</i>	0,31

¹Composição por kg de mistura mineral: 180g Ca; 90g P; 20g Mg; 20g S; 100g Na; 3.000mg Zn; 1.000mg Cu; 1.250mg Mn; 2.000mg Fe; 200mg Co; 90mg I; 36mg Se; 900mg F (máximo).

Composition per kg of mineral mixture: 180g Ca; 90g P; 20g Mg; 20g S; 100g Na; 3,000mg Zn; 1,000mg Cu; 1,250mg Mn; 2,000mg Fe; 200mg Co; 90mg I; 36mg Se; 900mg F (maximum).

²Estimado segundo NRC (1989).

Estimated by NRC (1989).

O período experimental constituiu-se de 21 dias, dos quais os primeiros 10 dias foram destinados à adaptação dos animais às dietas e entre o 11º e o 21º dia foi feita a avaliação da digestibilidade *in vivo*. A digestibilidade da MS da dieta e suas frações, como proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), extrativos não nitrogenados (ENN), fibra bruta (FB), energia bruta (EB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e amido, foram avaliadas através do marcador óxido crômico (BATEMAN, 1970). Os animais receberam o óxido crômico, via cânula ruminal, na dosagem de 15g por animal e por dia, sendo as administrações realizadas duas vezes ao dia (7,5g de marcador/dose), no momento das refeições, e através de envelopes confeccionados em papel absorvente. O ensaio foi constituído de duas fases, compreendidas entre os dias 11 e 21, sendo uma fase de administração do marcador e outra de administração do marcador e coleta de fezes, com duração de 5 dias cada uma, assegurando-se desta forma uma excreção homogênea do óxido crômico. Para comporem uma amostra final, procedeu-se à amostragem de alimentos (200g de alimentos por coleta) e fezes (200g/animal/coleta) duas vezes ao dia, próximos às refeições (8 e 16 horas), sendo as amostras de fezes coletadas diretamente do reto.

A concentração do óxido crômico foi determinada por colorimetria através de sua reação com a s-difenilcarbazida, segundo Graner (1972). As análises bromatológicas de MS, PB, EE, FB, EB, e MM foram realizadas segundo AOAC (1980) e de FDN e FDA segundo Van Soest, Robertson e Lewis (1991). Para a análise de FDN foi omitido o sulfito de sódio, mas adicionada a α -amilase. A concentração de amido foi avaliada segundo Pereira e Rossi Jr. (1995), modificando-se esta metodologia com a prévia extração dos carboidratos solúveis, segundo Hendrix (1993).

Os resultados foram analisados através do programa computacional Statistical Analysis System (SAS, 1985) e submetidos à análise de variância (PROC GLM do SAS) e

teste de Tukey, para separar os efeitos de tratamentos. Adotou-se o nível de significância de 5%, exceto quando especificado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de digestibilidade da matéria seca da dieta e seus nutrientes encontram-se na Tabela 2. De forma geral, os dados de digestibilidade das diversas frações, bem como o valor de NDT da dieta, independentemente de tratamento, encontram-se dentro do esperado. Nenhum dos antibióticos testados afetou a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, extrativo não nitrogenado, fibra bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, amido, energia bruta ou os nutrientes digestíveis totais. Morris et al. (1990), utilizando monensina, lasalocida ou tilosina, e Ricke et al. (1984), utilizando lasalocida ou monensina, também não observaram efeitos dos aditivos sobre essas variáveis, embora as condições experimentais não fossem exatamente as mesmas.

Tabela 2 - Digestibilidade aparente da MS da dieta e suas frações obtidas com os tratamentos¹

	Tratamentos			Média	CV	Prob.
	Controle	Enramicina	Monensina			
	<i>Control</i>	<i>Enramycin</i>	<i>Monensin</i>	<i>Mean</i>	<i>CV</i>	<i>Prob.</i>
MS (%)	60,36	58,84	66,37	61,85	11,68	NS
<i>DM (%)</i>						
PB (%)	53,11	51,29	63,29	55,89	17,03	NS
<i>CP (%)</i>						
EE (%)	64,01	65,08	71,89	66,99	11,21	NS
<i>EE (%)</i>						
ENN (%)	70,06	67,41	74,92	70,80	9,38	NS
<i>NFE (%)</i>						
FB (%)	27,86	32,83	32,90	31,19	36,79	NS
<i>CF (%)</i>						
FDN (%)	41,48	29,71	39,10	36,76	61,37	NS
<i>NDF (%)</i>						
FDA (%)	54,53	50,74	51,21	52,16	28,94	NS
<i>ADF (%)</i>						
Amido (%)	90,11	87,74	92,43	90,09	7,13	NS
<i>Starch (%)</i>						
NDT (%)	62,40	60,95	68,14	63,83	10,76	NS
<i>TDN (%)</i>						
EB (%)	69,83	63,88	70,97	68,23	15,80	NS
<i>GE (%)</i>						

¹MS: digestibilidade da matéria seca (%), PB: proteína bruta (%), EE: extrato etéreo (%), ENN: extrativos não nitrogenados (%), FB: fibra bruta (%), FDN: fibra em detergente neutro (%), FDA: fibra em detergente ácido (%), NDT: nutrientes digestíveis totais (%), EB: energia bruta (%), CV: coeficientes de variação (%), Prob.: probabilidades estatísticas, NS: não significativo.

DM: digestibility of dry matter (%), CP: crude protein (%), EE: ether extract (%), NFE: nitrogen-free extract (%), CF: crude fiber (%), NDF: neutral detergent fiber (%), ADF: acid detergent fiber (%), TDN: total digestible nutrients (%), GE: gross energy (%), CV: coefficient of variation (%), Prob: statistical probability, NS: non-significant.

Os ionóforos podem causar pequena à moderada melhora na digestibilidade dos alimentos, dependendo das condições experimentais. Estas condições não estão definidas até o presente momento, podendo sofrer interferência de fatores como consumo de alimentos, enchimento ruminal, taxa de passagem ou outros (RODRIGUES; LUCCI; CASTRO, 2000).

Segundo Mcguefey, Richardson e Wilkinson (2001), a digestão da fibra não é afetada por ionóforos, o que foi claramente confirmado neste ensaio, onde não foi possível demonstrar diferença estatística entre o grupo controle e aqueles que receberam os respectivos produtos. Isto pode acontecer devido ao aumento do número de bactérias resistentes aos antibióticos e de bactérias fibrolíticas, resultando em redução da quantidade de bactérias sensíveis aos produtos. De

acordo com Lemenager et al. (1978), um tempo maior de retenção de matéria seca no rúmen, causado pelo ionóforo, pode contribuir para a manutenção da digestão normal da fibra.

Mas de acordo com Pomar et al. (1989), a monensina quando administrada às dietas basicamente volumosas causa aumento da digestibilidade da FDA e FDN. Já nas dietas predominantemente concentradas resulta em diminuição da digestibilidade destas frações fibrosas. Thornton e Owens (1981) e Zinn, Plascencia e Barajas (1994) não observaram efeitos dos ionóforos sobre a digestibilidade da fibra, independentemente do nível desta fração na dieta. Ao adicionarem monensina ao ambiente ruminal não adaptado ao produto, Henderson, Stewart e Nekpek (1981) obtiveram inibição quase total da digestão celulolítica *in vitro*, utilizando palha de cevada e fibras de algodão como substrato. Entretanto, utilizando a mesma concentração de monensina, a digestibilidade da celulose, também *in vitro*, foi bem menos inibida quando o centeio e papel filtro pulverizado foram utilizados como substrato. Estes resultados sugerem que propriedades químicas e/ou físicas associadas a diferentes fontes de fibra influenciam a digestibilidade desta em resposta aos ionóforos (SPEARS, 1990).

Os resultados com antibióticos não-ionóforos tem variado bastante. A digestibilidade aparente da matéria orgânica teve aumento apenas numérico, quando Han et al. (2002) adicionaram monensina mais tilosina a uma dieta basicamente concentrada. Os efeitos da monensina mais tilosina foram investigados *in vivo* por Zinn (1987), que da mesma forma obteve aumento apenas numérico da digestibilidade da matéria orgânica. Haimoud et al. (1995) concluíram que a monensina mais a avoparcina diminuíram a degradação ruminal da fibra, amido, e nitrogênio, bem como aumentou o suprimento de aminoácidos e de glicose para o intestino delgado. Alert, Poppe e Lohner (1993) afirmaram, ao realizarem experimentos com touros confinados, que a suplementação com flavomicina aumentou a digestibilidade aparente da matéria orgânica e o NDT, bem como melhorou parâmetros de fermentação ruminal.

Embora não confirmado no presente estudo, a digestibilidade do amido também pode ser afetada pelo uso de ionóforos, mas este fenômeno ainda não é bem explicado. Roger e Davis (1982) demonstraram que a monensina administrada em novilhos alimentados com dieta mista (50% de volumoso) não alterou a digestibilidade da MS, matéria orgânica ou FDN, mas tendeu em aumentar a digestibilidade do amido em 2,7%, o que foi explicado através da provável diminuição no consumo de alimentos, com conseqüente aumento no tempo de retenção da MS no rúmen.

Haimoud et al. (1995) obtiveram aumento da quantidade de amido digerido no intestino delgado e também aumento da digestibilidade intestinal do amido não degradável no rúmen, causada pela monensina. Esta mudança de lugar da digestão do amido provavelmente resultaria em maior quantidade de carbono presente no amido sendo absorvida como glicose, ao invés de AGVs, o que tornaria mais eficiente o uso energético pelo animal hospedeiro. Funk, Galyean e Ross (1986), utilizando lasalocida em ovinos, obtiveram resultados semelhantes.

Huntington (1997) concluiu que esta maior quantidade de amido no intestino delgado, não traz vantagens energéticas para os ruminantes, primeiramente pela capacidade limitada do intestino delgado em digerir amido e também pela utilização visceral de glicose resultante da digestão amilolítica no intestino delgado.

Já Wedegaertner e Johnson (1983) não observaram alterações sobre a digestibilidade do amido em novilhos com dietas predominantemente concentradas, mas obtiveram aumentos na digestibilidade da MS, da FDN e da energia digestível em 3,5%, 13,9% e 4,2%, respectivamente.

Diversos estudos demonstram que a monensina reduz a digestibilidade da proteína e dos aminoácidos livres no rúmen (SURBER; BOWMAN, 1998). Isto está em desacordo ao que foi observado neste experimento, em que não houve mudança estatisticamente significativa, concordando com Dinus, Simpson e Marsh, (1976), Johnson Jr. et al. (1988), Lana et al. (1997), Mauronek, Petr e Machaňova (1990), Pomar et al. (1989) e Rodrigues et al. (2001).

Peixoto Jr. et al. (2001), da mesma forma que o presente experimento, não observaram alterações sobre os coeficientes de digestibilidade aparente de proteína bruta, fibra bruta, extrato etéreo, bem como sobre os teores de nutrientes digestíveis totais, ao utilizarem dieta mista e diferentes níveis de lasalocida. Knowton, Allen e Erickson (1996) ao utilizarem lasalocida, Haimoud et al. (1995) ao utilizarem monensina, Morris et al. (1990) ao utilizarem monensina, lasalocida ou tilosina, e Darden et al. (1985) ao utilizarem lasalocida, monensina ou avaporcina, também não encontraram efeito do aditivo sobre estas variáveis, embora tenham trabalhado com dietas e condições experimentais diferentes.

Outros autores descreveram aumento na digestibilidade aparente da proteína bruta com o emprego dos ionóforos na dieta (RICKE et al., 1984; GALLOWAY et al., 1993). A teoria mais aceita nos dias de hoje foi citada por Chen e Russel (1991) e Van Kessel e Russel (1992), a qual sugere que os ionóforos possam diminuir a deaminação, fazendo com que os peptídeos e aminoácidos protegidos da deaminação possam ser convertidos em proteína microbiana por cepas resistentes aos ionóforos.

Ao reportarem redução da concentração de nitrogênio amoniacal ruminal e da quebra protéica de origem dietética ao utilizarem a monensina, Haimoud et al. (1995) concluíram que mais proteína passaria intacta ao intestino delgado, sem afetar a síntese de proteína microbiana, aumentando em torno de 8% a digestibilidade total do nitrogênio. Da mesma forma, Spears (1990) obteve resultados semelhantes, mas este aumento estaria em torno de 3,5%.

Foi sugerido por Ives et al. (2002) que a virginamicina assim como a monensina possuía efeito “economizador” de proteína, uma vez que eles detectaram redução na deaminação de aminoácidos *in vivo*, em animais recebendo dietas basicamente concentradas. Mas estudos *in vitro* não deram suporte a essa teoria.

Os dados de consumo de matéria seca digestível e de NDT, expressos em quilos ou em porcentagem do peso vivo dos animais submetidos aos diversos tratamentos, encontra-se na

Tabela 3. Nenhum dos antibióticos testados alterou estas variáveis. Os animais suplementados com monensina tenderam a apresentar maior consumo de matéria seca digestível expresso em porcentagem do peso vivo, em relação ao grupo controle ($P < 0,10$), embora o consumo de matéria seca digestível apresentado pelos animais tratados com enramicina não diferisse dos demais tratamentos.

Tabela 3 - Consumo de matéria seca digestível e de NDT obtido com os tratamentos¹

	Tratamentos			Média	CV	Prob.
	Controle	Enramicina	Monensina			
	<i>Control</i>	<i>Enramycin</i>	<i>Monensin</i>	<i>Mean</i>	<i>CV</i>	<i>Prob.</i>
CMSD (kg/d)	7,17	8,06	9,01	8,08	18,33	NS
<i>DDMI (kg/d)</i>						
CMSD (%PV)	1,01	1,16	1,28	1,15	15,32	0,0950
<i>DDMI (%BW)</i>						
CNDT (kg/d)	7,42	8,35	9,28	8,35	18,41	NS
<i>TDNI (kg/d)</i>						
CNDT (%PV)	1,05	1,20	1,31	1,19	15,08	NS
<i>TDNI (%BW)</i>						

¹CMSD: consumo de matéria seca digestível, CNDT: consumo de nutrientes digestíveis totais, expressos em kg/animal/dia (kg/d) ou porcentagem do peso vivo (%PV), CV: coeficientes de variação (%), Prob: probabilidades estatísticas, NS: não significativo.

DDMI: digestible dry matter intake, TDNI: total digestible nutrients intake, expressed in kg/animal/day (kg/d) or percentage of body weight (%BW), CV: coefficient of variation (%), Prob: statistical probability, NS: non-significant.

A maioria dos estudos com ionóforos têm sido realizados com gado de corte (ERASMUS et al., 2005). Normalmente estes produtos melhoram a eficiência da utilização de alimentos e, quando adicionados a dietas ricas em concentrados, a ingestão de matéria seca diminui e a média de ganho de peso não é afetada (NAGAJARA et al., 1997). Artigos utilizando vacas leiteiras sugerem efeito nulo sobre a ingestão de matéria seca (JOHNSON JR. et al., 1988; PHIPPS et al., 2000; PLAZIER et al., 2000; SAUER; KRAMER; CANTWELL; 1989) enquanto outros estudos obtiveram resultados com diminuição do consumo (SAUER et al., 1997). Todavia, qualquer efeito nulo dos iononóforos na ingestão de matéria seca, particularmente para vacas em início de lactação, é crítico para a produtividade

e saúde do animal, já que a ingestão de matéria seca deve aumentar rapidamente (ERASMUS et al., 2005).

Interação entre o nível de fibra e a monensina foi obtida por Rodrigues et al. (2004), onde a quantidade de concentrado causou resposta curvilínea, com maior ingestão de matéria seca quando a dieta mista foi oferecida, e a monensina proporcionou resposta linear, diminuindo a ingestão de matéria seca à medida que sua dose aumentava.

Resultados parecidos foram obtidos por Salles e Lucci (2000) utilizando diferentes níveis de suplementação de monensina e uma dieta predominantemente concentrada. Os autores constataram comportamento quadrático para o consumo de matéria seca, onde a maior ingestão ocorreu quando foi oferecido 0,8mg de monensina/kg de PV e diminuição da ingestão para o nível mais alto de 1,2 mg de monensina/kg de PV.

Já Rodrigues et al. (2001), ao utilizarem monensina em ovinos alimentados com diferentes proporções volumoso:concentrado, não observaram diferenças estatísticas causadas pela monensina em relação ao consumo de matéria seca na dieta predominantemente concentrada ou volumosa, mas diminuiu bastante (36,7%) o consumo na dieta mista. Já Vargas et al. (2001), utilizando monensina em bovinos, observaram redução no consumo de matéria seca, sendo que a redução aumentava à medida que o nível de concentrado na dieta também aumentava.

Este trabalho ainda condiz com vários outros que não observaram efeitos dos ionóforos sobre o consumo de alimento em diversas condições (BRANINE; GALYEAN, 1990; BRODERICK, 2004; DINUS; GALLOWAY et al., 1993; GREEN et al., 1999; OSBORNE et al., 2004; RAMAZIN et al., 1997; RICKE et al., 1984; RODRIGUES; LUCCI; CASTRO, 2000; PLAZIER et al., 2000 e SIMPSON; MARSH, 1976.). Garcia et al. (2000), utilizando monensina em cabras recebendo dieta composta de 50% de concentrado e 50% de volumoso (feno de alfafa), também não constataram mudanças no consumo de matéria seca.

4 CONCLUSÃO

Em condições de dietas predominantemente concentradas, com cana-de-açúcar como único volumoso, não foi possível demonstrar os efeitos benéficos da monensina ou da enramicina sobre a digestibilidade dos nutrientes.

5 RESUMO

Foram objetivos do presente experimento estudar os efeitos da administração da enramicina, em comparação com a monensina sódica, sobre a digestão total dos nutrientes da dieta, em bovinos. Doze fêmeas bovinas não-gestantes e não-lactantes (675 ± 63 kg de PV) foram distribuídas inteiramente ao acaso aos três tratamentos formados por um grupo controle, um grupo tratado com enramicina e outro tratado com monensina. A enramicina foi administrada na dose de 20 mg/animal/dia e a monensina na dose de 300 mg/animal/dia. O experimento teve duração total de 21 dias, sendo os 10 últimos destinado à aplicação do marcador (15 g de óxido crômico/animal/dia) e os 5 últimos destinados à coleta de fezes e amostragem dos alimentos. Nenhum dos antibióticos testados alterou a digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, extrativo não nitrogenado, fibra bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, amido, energia bruta ou os nutrientes digestíveis totais. Também não alteraram o consumo de matéria seca digestível ou de NDT.

Palavras-chave: Consumo. Digestibilidade. Enramicina. Ionóforos. Ruminantes.

6 ABSTRACT

The objective of this trial was to study the effects of enramycin administration, compared to sodium monensin, on total digestibility of diet nutrients in bovine. Twelve non-pregnant and non-lactating cows ($675 \text{ kg} \pm 63$ of BW) were randomly assigned to three treatments: control group, enramycin-treated group and monensin-treated group. Treatments were 20 mg/animal/day of enramycin or 300 mg/animal/day of monensin. Trial lasted 21 days, the last 10 used for external marker administration (15 g of chromic oxide/animal/day) and the last 5 for feces collection and feed sampling. The two antibiotics tested did not alter the digestibility of dry matter, crude protein, ether extract, nitrogen-free extract, crude fiber, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, starch, gross energy or total digestible nutrients (TDN), or the intake of digestible dry matter or TDN.

Key words: Digestion. Enramycin. Intake. Ionophores. Ruminants.

REFERÊNCIAS

ALERT, H. J.; POPPE, S.; LOHNER, M. The effect of flavomycin on the fattening performance of bulls. **Arch Tierernahr**, v. 43, n. 4, p. 371-380, 1993.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 10.ed. Washington, D.C.: Association of Analytical Chemistry. 1980. 1015 p.

BATEMAN, J. **Nutricion animal - manual de métodos analíticos**. México: Herrero Hermanos, 1970. p. 405-449.

BERGEN, W. G.; BATES, D. B. Ionophores: Their effect on production efficiency and mode of action. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1465-1483, 1984.

BRANINE, M. E.; GALYEAN, M. L. Influence of grain and monensin supplementation on ruminal fermentation, intake, digesta kinetics and incidence and severity of frothy bloat in steers grazing winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 3, p. 1139-1150, 1990.

BRODERICK, G. A. Effect of low level monensin supplementation on the production of dairy cows fed alfalfa silage. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 2, p. 359-368, 2004.

CHEN, G.; RUSSELL, J. B. Effect of monensin and ionophore on protein degradation, peptide accumulation, and deamination by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. **Journal of Animal Science**, v. 69, n. 5, p. 2196-2203, 1991.

DARDEN, D. E.; MERCHEN, N. R.; BERGER, L. L.; FAHEY, G. C. Effects of avoparcin, lasalocid, and monensin on sites of nutrient digestion in beef steers. **Nutrition Reports International**, v. 31, n. 4, p. 979-989, 1985.

DINUS, D. A.; SIMPSON, M. S.; MARSH, P. B. Effect of monensin with forage and digestion and the ruminal ecosystem of steers. **Journal of Animal Science**, v. 42, n. 1, p. 229-234, 1976.

ERASMUS, L. J.; ROBINSON, P. H.; AHMADI, A.; HINDERS, R.; GARRET, J. E. Influence of prepartum and postpartum supplementation of a yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 122, n. 3, p. 219-239, 2005.

FUNK, M. A.; GALYEAN, M. L.; ROSS, T. T. Potassium and lasalocid effects on performance and digestion in lambs. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 3, p. 685-691, 1986.

GALLOWAY, D. L.; GOETSCH, A. L.; PATIL, A.; FOSTER JR., L. A.; JOHNSON, Z. B. Feed intake and digestion by Holstein steers calves consuming low-quality grass supplemented with lasalocid and monensin. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 73, n. 4, p. 869-879, 1993.

GARCIA, C. C. G.; MENDOZA, M. G. D.; GONZÁLEZ, M. S.; COBOS, P. M.; ORTEGA, C. M. E.; RAMIREZ, L. R. Effect of a yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) and monensin on ruminal fermentation and digestion in sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 83, n. 2, p. 165-170, 2000.

GRANER, C. A. F. **Determinação do cromo pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida**. 1972. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1972.

GREEN, B. L.; MCBRIDE, B. W.; SANDALS, D.; LESLIE, K. E.; BAGG, R.; DICK, P. The impact of a monensin controlled-release capsule on subclinical ketosis in the transition dairy cow. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 2, p. 333-342, 1999.

HAIMOUD, D. A.; VERNAY, M.; BAYOURTHE, C.; MONCOULON, R. Avoparcin and monensin effects on the digestion of nutrients in dairy cows fed a mixed diet. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 75, n. 2, p. 379-385, 1995.

HAN, H.; HUSSEIN, H. S.; GLIMP, H. A.; SAYLOR, D. H.; GREENE, L. W. Carbohydrate fermentation and nitrogen metabolism of a finishing beef diet by ruminal microbes in continuous cultures as affected by ethoxyquin and (or) supplementation of monensin and tylosin. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 4, p. 1117-1123, 2002.

HENDERSON, C.; STEWART, C. S.; NEKPEK, F. V. The effect of monensin on pure and mixed cultures of rumen bacteria. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 51, n. 1, p. 159-169, 1981.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, v. 33, n. 6, p. 1306-1311, 1993.

HUNTINGTON, G. B. Starch utilization by ruminants: From basics to the bank. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 3, p. 852-867, 1997.

IVES, S. E.; TITGEMEYER, E. C.; NAGAJARA, T. G.; DEL BARRIOT, A.; BINDEL, D. J.; HOLLIS, L. C. Effects of virginiamycin and monensin plus tylosin on ruminal protein metabolism in steers fed corn-based finishing diets with or without wet corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 3005-3015, 2002.

JOHNSON Jr., J. C.; UTLEY, P. R.; MULLINIX JR., B. G.; MERRIL, A. Effects of adding fat and lasalocid to diets of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 8, p. 2151-2165, 1988.

KAWAKAMI, M.; NAGAI, Y. Anti-microbial activities of Enduracin (Enramycin) *in vitro* and *in vivo*. **The Journal of Antibiotics**, v. 24, n. 9, p. 583-586, 1971.

KNOWLTON, K. F.; ALLEN, M. S.; ERICKSON, P. S. Lasalocid and particle size of corn for dairy cows in early lactation. 2. Effect on ruminal measurements and feeding behavior. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 4, p. 565-574, 1996.

KONE, P.; MACHADO, P. F.; COOK, R. M. Effect of combination of monensin and isoacids on rumen fermentation *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 10, p. 2767-2771, 1989.

LANA, R. P.; FOX, D. G.; RUSSELL, J. B.; PERRY, T. C. Influence of monensin on Holstein steers fed high-concentrate diets containing soybean meal or urea. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 6, p. 2571-2579, 1997.

LEMENAGER, R. P. F. N.; OWENS, B. J.; SHOCKEY, B. J.; LUBSY, K. S.; TOTUSCEK, R. Monensin effects on rumen turnover rate, twenty four hour VFA pattern, nitrogen components and cellulose disappearance. **Journal of Animal Science**, v. 47, n. 1, p. 255-261, 1978.

LUCCI, C. S.; PEIXOTO, K. C. J.; AMARO, F. R.; RODRIGUES, P. H. M.; ALMEIDA, T. F.; SANTOS, M. V. Efeitos de níveis e de tempos de adaptação a lasalocida sódica sobre a degradabilidade ruminal do feno de coast-cross (*Cynodon dactylon*) e do farelo de soja em bovinos. **Boletim da Indústria Animal**, v. 58, n. 1, p. 95-112, 2001.

MAROUNEK, M.; PETR, O.; MACHAŇOVÁ, L. Effect of monensin on *in vitro* fermentation of maize starch by hindgut contents of cattle. **Journal of Agricultural Science**, v. 115, n. 3, p. 389-392, 1990.

MCCANN, M. A.; CRADDOCH, B. F.; PRESTON, R. L.; RANSEY, C. B. Digestibility of cotton plant by-product diets for sheep at two levels of intake. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 2, p. 285-295, 1990.

MCGUEFEY, R. K.; RICHADSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: Currents status and future outlook. **Journal of Animal Science**, v. 84, n. 1, p. 194-203, 2001.

MORRIS, F. E.; BRANINE, M. E.; GALUEN, M. L.; HUBBERT, M. E.; FREEMAN, A. S.; LOFGREEN, G. P. Effects of rotating monensin plus tylosin and lasalocid on performance, ruminal fermentation, and site and extent of digestions in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 68, n. 10, p. 3069-3078, 1990.

NRC. NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrients requirements for dairy cattle – 6.ed.** Washington, D.C.: National Academy Press, 1989. 157 p.

NAGAJARA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: _____. **The rumen microbial ecosystem**, 2. ed. New York: Blackie 1997. p. 523-562.

OSBORNE, J. K.; MUTSVANGWA, T.; ALZAHAL, O.; DUFFIELD, T. F.; BAGG, R. DICK, P.; VESSIE, G.; MCBRIDE, B. W. Effects of monensin on ruminal forage degradability and total tract diet digestibility in lactating dairy cows during grain-induced subacute ruminal acidosis. **Journal of Dairy Science**, v. 87, n. 6, p. 1840-1847, 2004.

OVCHINNIKOV, J. A. Physico chemical basis of ion transport through biological membranes: Ionophores and ion channels. **European Journal of Biochemistry**, v. 94, n. 2, p. 321-336, 1979.

PEIXOTO JR., K. C.; LUCCI, C. S.; AMARO, F. R.; RODRIGUES, P. H. M.; ALMEIDA, T. F.; SANTOS, M. V. Efeitos de níveis e de tempos de adaptação a lasalocida sódica sobre a digestibilidade aparente da dieta total em bovinos. **Boletim da Indústria Animal**, v. 58, n. 1, p. 113-123, 2001.

PEREIRA, J. R. A.; ROSSI JR., P. **Manual prático de avaliação nutricional de alimentos**. 1. ed. Piracicaba: FEALQ, 1995. 25p.

PHIPPS, R. H.; WILKINSON, J. I. D.; JONKERT, J. I. D.; TARRANT, M.; JONES, A. K.; HODGET, A. Effect of monensin on milk production of Holstein-Friesian dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 12, p. 2789-2794, 2000.

PLAZIER, J. C.; MARTIN, A.; DUFFIED, T.; BAGG, R.; DICH, P.; MCBRIDE, B.W. Effect of a prepartum administration of monensin in a controlled-release capsule on apparent digestibilities and nitrogen utilization in transition dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 12, p. 2918-2925, 2000.

POMAR, C.; BERNIER, J. F.; SEOANE, F. R.; LATRILLE, L. High-roughage rations with or without monensin for veal production. 2. Ration digestibility. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 69, n. 2, p. 403-410, 1989.

RAMAZIN, M.; BAILONI, L.; SCHIAVON, S.; BITTANTE, G. Effects of monensin on milk production and efficiency of dairy cows fed two diets differing in forage to concentrate ratios. **Journal of Dairy Science**, v. 80, n. 8, p. 1136-1142, 1997.

RICKE, S. C.; BERGER, L. L.; VAN DER HAAR, P. J.; FAHEY, G. C. Effects of lasalocid and monensin on nutrient digestion, metabolism and rumen characteristics of sheep. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 1, p. 194-202, 1984.

RODRIGUES, P. H.M.; LUCCI, C. S.; CASTRO, A. L. Efeitos da lasalocida sódica e proporção volumoso/concentrado sobre a degradabilidade *in situ* do farelo de soja e do feno Coast Cross [*Cynodon dactylon* (L) Pers] em vacas secas. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 37, n. 3, p. 253-258, 2000.

RODRIGUES, P. H. M.; MATTOS, W. R. S.; MELOTTI, L.; RODRIGUES, R. R. Monensina e digestibilidade aparente em ovinos alimentados com proporções de volumoso e concentrado. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 449-455, 2001.

RODRIGUES, P. H. M.; MATTOS, W. R. S.; MEYER, P. M.; LUCCI, C. S.; MELOTTI, L. Effects of monensin level and roughage/concentrate ratio on ruminal fermentation in bovines. **Journal of Animal and Feed Science**, v. 13, p. 195-198, 2004. Suplemento 1.

ROGERS, J. A.; DAVIS, C. L. Rumen volatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. **Journal of Dairy Science**, v. 65, n. 6, p. 944-952, 1982.

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. Minireview: Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 1-6, 1989.

SALLES, M. S. V.; LUCCI, C. S. Monensina para bezerros ruminantes em crescimento acelerado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 573-581, 2000.

SAS Statistical Analysis System. **SAS user's guide: statistics**. Versão 5. Cary, SAS, 1985.

SAUER, F. D.; KRAMER, J. K. G.; CANTWELL, W. J. Antiketogenic effect of monensin in the early lactancy. **Journal of Dairy Science**, v. 72, n. 2, p. 436-442, 1989.

SAUER, F. D.; FELLNER, V.; KINSMAN, R.; KRAMER, J. K. G.; JACKSON, H. A.; LEE, A. J.; CHEN, S. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 3, p. 906-914, 1997.

SCHELLING, G. T. Monensin mode of action in the rumen. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1518-1527, 1984.

SPEARS, J. W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. **Journal of Nutrition**, v. 120, n. 6, p. 632-638, 1990.

SURBER, L. M. M.; BOWMAN, J. G. P. Monensin effects on digestion of corn or barley high-concentrate diets. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 7, p. 1945-1954, 1998.

THORNTON, J. H.; OWENS, F. N. Monensin supplementation and *in vivo* methane production by steers. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 3, p. 628-634, 1981.

VAN DER MERWE, B. J.; DUGMORE, T. J.; WALSH, K. P. The effect of flavophospholipol (Flavomycin) on milk production and milk urea nitrogen concentration of grazing dairy cows. **South Africa Journal of Animal Science**, v. 31, n. 2, p. 101-105, 2001.

VAN KESSEL, J. S.; RUSSEL, J. B. Energetics of arginine and lysine transport by whole cells and membrane vesicles of strains SR, a monensin-sensitive ruminal bacterium. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 58, n. 3, p. 969-975, 1992.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VARGAS, L. H.; LANA, R. P.; MÂNCIO, A. B.; CAMPOS, J. M. S.; JHAM, G. N.; FREITAS, A. W. P.; OLIVEIRA, M. V. M. Influência de Rumensin®, óleo de soja e níveis de concentrado sobre o consumo e os parâmetros fermentativos ruminais em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 5, p. 1650-1658, 2001.

WEDEGAERTNER, T. C.; JOHNSON, D. E. Monensin effects on digestion, methanogenesis and heat increment of a cracked corn-silage diet fed to steers. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 1, p. 168-177, 1983.

ZINN, R. A. Influence of lasalocid and monensin plus tylosin on comparative feeding value of steam-flaked versus dry-rolled corn in diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 65, n. 1, p. 256-266, 1987.

ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A.; BARAJAS, R. Interaction of forage level and monensin in diets for feedlot cattle on growth performance and digestive function. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 9, p. 2209-2215, 1994.

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A monensina é um antibiótico ionóforo classicamente conhecido por alterar os parâmetros fermentativos ruminais, como aumentar a proporção molar de ácido propiônico, diminuir a proporção molar de ácido acético, sem alterar consideravelmente a concentração total dos AGVs, fato este que não foi confirmado neste experimento.

O antibiótico não-ionóforo enramicina necessita de mais estudos para o melhor entendimento do seu funcionamento sobre a fermentação ruminal e a digestão total em ruminantes, já que não foram encontrados na literatura estudos sobre a atuação deste produto nessa categoria animal. Neste estudo a enramicina não proporcionou efeitos significativos tanto sobre a fermentação ruminal quanto à digestão no trato digestivo total.