

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS EXPERIMENTAL DE DRACENA**

**EFEITOS DA DOSAGEM DE MONENSINA SÓDICA SOBRE
O DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPORTAMENTO
INGESTIVO, SAÚDE RUMINAL E CARACTERÍSTICAS DE
CARÇA EM BOVINOS NELORE CONFINADOS**

Murillo Ceola Stefano Pereira

Zootecnista

2014

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS EXPERIMENTAL DE DRACENA**

**EFEITOS DA DOSAGEM DE MONENSINA SÓDICA SOBRE
O DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPORTAMENTO
INGESTIVO, SAÚDE RUMINAL E CARACTERÍSTICAS DE
CARÇA EM BOVINOS NELORE CONFINADOS**

Murillo Ceola Stefano Pereira

Orientador: Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni

Co-Orientador: Prof. Dr. Danilo Domingues Millen

Dissertação apresentada ao Campus Experimental de Dracena – Unesp como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal.

2014

P436e

Pereira, Murillo Ceola Stefano.

Efeitos da dosagem de monensina sódica sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos Nelore confinados / Murillo Ceola Stefano Pereira. – Dracena : [s.n.], 2014.

68 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal) - Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Dracena/Campus de Ilha Solteira. Dracena/Ilha Solteira, SP, 2014.

Bibliografia.

1. Confinamento - Animais. 2. Bovino de corte - Carcaças. 3. Bovino de corte – Alimentação e rações. 4. Nelore (Zebu). 5. Bovino – Histologia. 6. Morfologia – Animais. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Efeitos da dosagem de monensina sódica sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos nelore confinados.

AUTOR: MURILLO CEOLA STEFANO PEREIRA

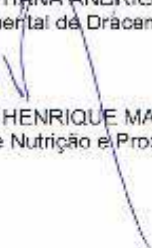
ORIENTADOR: Prof. Dr. MÁRIO DE BENI ARRIGONI

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. DANILO DOMINGUES MILLEN

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia Animal, Área: PRODUÇÃO ANIMAL, pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. MÁRIO DE BENI ARRIGONI
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu


Profa. Dra. CRISTIANA ANDRIGHETTO
Campus Experimental de Dracena / Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"


Prof. Dr. PAULO HENRIQUE MAZZA RODRIGUES
Departamento de Nutrição e Produção Animal / Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

Data da realização: 21 de fevereiro de 2014.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MURILLO CEOLA STEFANO PEREIRA – nascido em 01 de Outubro de 1988, na cidade de Presidente Prudente - SP. Coursou o ensino fundamental no Centro Educacional SESI - 423 e médio no Instituto Escolar Fernando Costa ambos em Presidente Prudente. Em Agosto de 2007, ingressou na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Câmpus Experimental de Dracena, onde obteve o grau de Zootecnista em Dezembro de 2011. Durante o curso de graduação foi bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC). Em Março de 2012, iniciou o curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia Animal na área de concentração em Produção Animal, do Câmpus de Ilha Solteira e Câmpus Experimental de Dracena – UNESP interunidades, sendo que em fevereiro de 2014 submeteu sua dissertação de Mestrado à banca examinadora.

“Tendo amor e saúde, da vida eu não reclamo, eu amo a vida que levo, e levo a vida que amo.”

(Tião Carreiro e Lourival dos Santos)

Aos meus pais **Wilson e Ivone**,
por sempre acreditarem em
minha capacidade, pelo apoio,
investimento e amor
incondicional, pois a única
forma de educar é ser o próprio
exemplo...

A minha irmã **Priscilla**, pelo apoio,
carinho e incentivo...

A **Bianca Damião**, por sua
incansável dedicação,
companheirismo e amor...

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus por ter me dado saúde, força de vontade e paixão pela Zootecnia para enfrentar todos os desafios durante a condução dessa dissertação.

Aos meus pais, Wilson e Ivone, que são tudo em minha vida e que me deram o que deve ser passado aos filhos, amor, educação e dedicação, exemplos de vida e pessoas. Muito obrigado pela confiança e investimento de todos esses anos.

À minha irmã Priscilla, que mesmo sem perceber sempre me influenciou pela busca constante de conhecimento.

À Bianca Damião, pelo companheirismo, sacrifício, dedicação e por sempre me consolar nos momentos mais difíceis.

Ao Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni, pela orientação, pelas oportunidades oferecidas e, sobretudo, pelo grande exemplo de profissionalismo, que mesmo distante, sempre esteve perto.

Ao Prof. Dr. Danilo Domingues Millen, pela extrema confiança, abertura, companheirismo, conselhos e amizade. Gostaria de dividir todos os méritos da condução deste trabalho com você. Muito obrigado por ter contribuído para o meu crescimento profissional.

Ao Prof. Dr. Ricardo Velludo Gomes de Soutelo, por sempre estar presente, por toda ajuda e conselhos. Por me ensinar o verdadeiro significado da frase “Fica Picolé Doido”, que me ajudou a manter a calma e tranquilidade em todos os momentos.

Ao Dr. Marco Aurélio Factori, pelos conselhos, exemplo de humildade e profissionalismo.

Aos meus amigos de todas as horas André Nagatani e Daniel Watanabe, meus “braços, pernas e lado direito”, por sempre estarem comigo, tanto nas horas boas quanto nas difíceis.

Às minhas companheiras de mestrado Juliana da Silva e Tássia Carrara.

Aos companheiros, Anderson Santos, Felipe Ferracini, Diego Piovezan, Daniel Vicari, Ivan Batista Gustavo Trivelin, Tarcisio Vasconcelos, João Vera, Paulo, Rogério Ferreira, Leonardo Martins, Diego Neguinho, André Nariga, Leandro

Fabrcio, Rafael Ono, Laís Tomaz, Carol Pinto, Cassiele Oliveira, Daniela Estevam e Andréia, sem a ajuda de vocês esse trabalho não teria terminado.

À Agencia Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), Polo Extremo Oeste, aos pesquisadores Daniel Cardoso e Gustavo Pavan Mateus, e todos funcionários Jomar, Natal, Jeremias, Adilson, Dedé, Jurado, Gimenez, Zé Botinha, Luiz, Raimundo, Pipa, Mauro, Rogério, Lorival, Zé Maria, Lorediane e Maria, pela forma profissional que encararam este desafio.

À República K-baret, “mais do que uma república, uma família”.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pela bolsa de estudo (Processo 2012/13480-8).

À todos que não foram citados aqui e que, de alguma forma ou outra, deram sua contribuição para que essa tese fosse concluída.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

	Página
COMISSÃO DE ÉTICA EM USO DE ANIMAIS (CEUA)	ii
LISTA DE TABELAS	iii
LISTA DE EQUAÇÕES	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	15
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1. Monensina sódica	17
2.1.1. Classificação	17
2.1.2. Modo de ação no ambiente ruminal.....	18
2.1.3. Benefícios do uso.....	20
2.1.4. Dosagem e resultados da utilização de monensina	22
2.1.5. Toxidez e resistência	27
2.2. Acidose ruminal.....	28
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO 2 – EFEITOS DA DOSAGEM DE MONENSINA SÓDICA SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPORTAMENTO INGESTIVO, SAÚDE RUMINAL E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA EM BOVINOS NELORE CONFINADOS	36
INTRODUÇÃO	37
MATERIAL E MÉTODOS.....	38
RESULTADOS	49
DISCUSSÃO.....	59
CONCLUSÕES	63
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63
CAPÍTULO 3 – IMPLICAÇÕES	68

Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA)

Certificado

Certificamos que o Projeto intitulado “Efeitos da dosagem de monensina sódica sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos nelore confinados”, protocolo nº 40/2012, sob a responsabilidade do(a) Prof(a). Dr(a). Mário De Beni Arrigoni está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética em Uso de Animais (CEUA) do Curso de Zootecnia da UNESP de Dracena e foi aprovado pela referida Comissão.

Dracena, 15 de março de 2013.



Prof.ª Dra. Sirlei Aparecida Maestá
Presidente da CEUA - UNESP Dracena

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas experimentais de bovinos Nelore consumindo dietas de alto grão fornecida com diferentes doses de monensina sódica durante o período de adaptação e terminação	40
Tabela 2. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre o desempenho produtivo e características de carcaça de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão	50
Tabela 3. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre a flutuação do consumo de massa seca de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão	54
Tabela 4. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre o comportamento ingestivo (dias 10 e 40 do período experimental) de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão	55
Tabela 5. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre a seletividade de partículas por meio da “Penn State Particle Separator” de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão	56
Tabela 6. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre as características morfológicas do epitélio ruminal de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão	57
Tabela 7. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre as características histológicas do epitélio ruminal de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão	58

LISTA DE EQUAÇÕES

	Página
1. Exigência em energia para ganho (Mcal/dia).....	41
2. Exigência em energia para manutenção (Mcal/dia)	41
3. Energia líquida de manutenção (Mcal/kg de MS)	41
4. Energia líquida de ganho (Mcal/kg de MS)	41
5. Custo do ganho (R\$/kg).....	41
6. Flutuação do consumo de massa seca (%)	42
7. Eficiência de alimentação da massa seca (min/kg)	43
8. Eficiência de alimentação da fibra em detergente neutro (min/kg)	43
9. Eficiência de ruminação da massa seca (min/kg).....	43
10. Eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro (min/kg).....	43
11. Tempo de alimentação por refeição (min)	43
12. Consumo de massa seca por refeição (kg)	43
13. Índice de preferência	44
14. Ingestão atual	44
15. Ingestão esperada	45
16. Superfície absorviva do epitélio (cm ²)	46
17. Área de papila da superfície absorviva (%)	47

EFEITOS DA DOSAGEM DE MONENSINA SÓDICA SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPORTAMENTO INGESTIVO, SAÚDE RUMINAL E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA EM BOVINOS NELORE CONFINADOS

RESUMO - O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes dosagens de monensina sódica, sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça de bovinos Nelore confinados. Foram utilizados 60 machos, com 20 meses e peso vivo inicial de $402,52 \pm 33,02$ kg, blocados por peso, divididos em cinco tratamentos: 0, 9, 18, 27 e 36 ppm de MON, caracterizando delineamento em blocos casualizados, com 12 animais por tratamento (1 animal/baia). A duração do experimento foi de 84 dias, 14 dias de adaptação, divididos em dois períodos de 7 dias com dietas de 68 e 76% de ingredientes concentrados, respectivamente e 70 dias de terminação, com dieta contendo 84% de concentrado. Polinômios ortogonais foram utilizados para avaliar a relação linear, quadrática, cúbica e quártica das variáveis dependentes. A suplementação com 9 ppm melhorou peso vivo final, ganho de peso diário, conversão alimentar, eficiência alimentar, energia líquida de ganho, custo do ganho de peso vivo, superfície absorptiva do epitélio ruminal, afetados de forma cúbica ($P < 0,05$) e índice mitótico afetado de forma quadrática ($P < 0,07$). A MON reduziu linearmente o consumo de massa seca ($P = 0,01$). O rendimento e peso de carcaça quente foram afetados de forma cúbica e linear ($P < 0,05$), respectivamente. Assim sendo, a monensina influenciou o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos Nelore confinado. Com base nos resultados deste estudo, a dosagem de 9 ppm foi considerada como a opção mais viável.

Palavras-chave: Histologia, ionóforo, morfologia, papila, rúmen, Zebu

EFFECTS OF DIFFERENT DOSES OF SODIUM MONENSIN ON FEEDLOT PERFORMANCE, FEEDING BEHAVIOR, RUMINAL HEALTH AND CARCASS CHARACTERISTICS OF NELLORE CATTLE

ABSTRACT - The experiment was designed to determine the effects of different doses of sodium monensin on feedlot performance, feeding behavior, ruminal health and carcass characteristics of Nellore cattle. The experiment was designed as a completely randomized block, replicated 12 times, in which 60 20-months old yearling Nellore bulls (402.52 ± 33.02 kg) were fed in individual pens for 84 days according to the different doses of monensin expressed in ppm (dry matter basis): 0, 9, 18, 27 and 36. The adaptation program consisted of ad libitum feeding of two adaptation diets over period of 14 days with concentrate level increasing from 68% to 84% of diet dry matter. Polynomial contrasts were used to assess linear, quadratic, cubic and quartic relationship between doses of MON and the dependent variable. As dose of monensin improved final body weight, average daily gain, gain to feed ratio, net energy for gain, absorptive surface ($P < 0.05$) affected cubically and mitotic index ($P < 0.10$) affected quadratically. The dry matter intake decreased linearly ($P < 0.01$). As doses of MON increased, hot carcass weight decreased ($P < 0.01$) affected linearly. Dressing percentage was affected cubically ($P = 0.03$), as dose of MON increased. Thus, based on the results of this study, increasing doses of MON affected feedlot performance, ingestive behaviour, ruminal health and carcass characteristics of Nellore cattle. If MON is going to be included in finishing diets for feedlot Nellore cattle, the dose of 9 ppm should be considered as the most feasible option.

Keywords: Histology, ionophore, morphology, papillae, rumen, Zebu

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, ocorreu aumento significativo no número de animais e plantas de confinamento pelo país, o que é um dos fatores que contribuem para que o Brasil ocupe um lugar de destaque no cenário mundial de produção de carne bovina.

Atualmente, o país possui o segundo maior rebanho mundial, com aproximadamente 209,8 milhões de cabeças, ficando atrás, apenas, da Índia. É, ainda, o segundo maior produtor de carne bovina, com cerca de 9.375 milhões de toneladas de equivalente-carcaça e ocupa o segundo lugar nas exportações mundiais, com 1.450 milhões de toneladas equivalente-carcaça. É, também, um dos países com maior consumo de carne bovina: 39,7 kg per capita anual (ANUALPEC, 2013).

Neste contexto, os sistemas intensivos de produção têm sido uma forma eficiente de maximização dos lucros, porém, para conseguir abater um número maior de animais mais jovens, com elevados ganhos de peso e carcaças padronizadas, torna-se necessário a utilização de dietas com elevados teores de energia, o que resulta em aumento da fermentação ruminal. A consequência, por sua vez, é a produção de maiores quantidades de ácidos, cujo acúmulo pode provocar distúrbios metabólicos, como a acidose, que prejudicam o desempenho do animal (OWENS et al., 1998).

Desta forma, torna-se necessário a adoção de práticas que envolvam a manipulação da fermentação ruminal. Segundo Nagaraja (1997), esta prática possui como objetivos: melhorar os processos benéficos no meio ruminal e diminuir ou eliminar os processos prejudiciais, como a produção de metano e o excesso de lactato, contribuindo, assim, com a estabilidade do pH e a saúde ruminal.

Para que tais objetivos sejam alcançados, existem diversas ferramentas de manejo que podem ser adotadas, entre elas destaca-se a formulação adequada da dieta, o tempo de mistura da ração, a efetividade de fibra, o manejo de cocho, incluindo assim a utilização de aditivos alimentares, como os ionóforos.

Em trabalho realizado por Millen et al. (2009), com o objetivo de traçar o perfil dos confinamentos brasileiros, foram realizadas entrevistas com 31 nutricionistas responsáveis por mais de 3.1 milhões de animais confinados, e chegou-se à constatação que 100% dos entrevistados utilizavam os ionóforos como principal aditivo alimentar, sendo os mais comuns a monensina sódica, a salinomicina e a lasalocida.

Contudo, em nova entrevista feita por Oliveira e Millen (2011) com 33 nutricionistas, foi observado que 93,9% dos entrevistados utilizavam ionóforos como principal aditivo alimentar.

Comparando com os dados de 2009, conclui-se que houve ligeira queda na utilização deste aditivo. Entretanto, ainda assim, a grande maioria dos confinamentos brasileiros utilizam estes produtos como aditivo principal.

Diante deste grande mercado, muitas empresas de nutrição animal desenvolvem ou comercializam seu próprio produto, tornando-o diferente e único. Sendo assim, mais estudos com diferentes produtos comerciais precisam ser realizados a fim de conhecer qual a melhor dose a ser utilizada de cada produto, uma vez que cada empresa possui uma fórmula comercial diferente da outra.

O interesse em testar a eficácia de um novo produto comercial, no sistema de produção de gado de corte confinado no Brasil, fez com que o experimento fosse realizado, e os resultados desta pesquisa estão apresentados no capítulo 2.

O capítulo 2, denominado “Efeitos da dosagem de monensina sódica sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos Nelore confinados” apresenta-se de acordo com as normas para publicação no periódico *Animal Production Science*, exceto pelo idioma.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes níveis de inclusão de monensina sódica de um novo produto comercial sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos Nelore confinados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Monensina sódica

2.1.1. Classificação

Desde 1950, os antibióticos são utilizados na nutrição de ruminantes, atuando como promotores de crescimento, fornecidos em doses subterapêuticas diárias. Naquela época, os resultados foram muito eficazes, melhorando expressivamente o desempenho dos animais. Um dos motivos desta melhora estava relacionado às condições sanitárias, que comparadas aos dias atuais eram extremamente inferiores. Contudo, houve diminuição no uso dos antibióticos nas décadas seguintes, devido à preocupação com uma possível resistência aos princípios terapêuticos, como a penicilina e tetraciclina.

Em decorrência desta preocupação, surgiu na década de 70 uma nova classe de antibióticos, chamada de ionóforos. Resultantes da fermentação de vários tipos de actinomicetos, os ionóforos são produzidos principalmente por bactérias do gênero *Streptomyces* (MORAIS; BERCHIELLI; REIS, 2011), que aumentam a permeabilidade das membranas a íons específicos (HANEY JUNIOR; HOEHN, 1967).

Hiroko et al. (1994) classificaram os ionóforos como antibióticos poliéteres. A maioria deles constitui-se de pequenas moléculas orgânicas que formam canais de íons permeáveis ou atuam como carreadores móveis nas membranas lipídicas, aumentando, assim, a permeabilidade a íons específicos, desorganizando o gradiente de prótons das mitocôndrias.

Em 1971, foi aprovada a utilização do ionóforo monensina sódica para aves, com o objetivo de controlar a coccidiose e, em 1975, o “Food and Drug Administration” aprovou a sua utilização para bovinos confinados, como promotor de crescimento (MCGUFFEY; RICHARDSON; WILKINSON, 2001).

Atualmente, a monensina é um aditivo alimentar muito utilizado em vários países, entre eles Estados Unidos, Brasil, Austrália, Nova Zelândia entre outros. Existem mais de 120 tipos diferentes. Entretanto, apenas a monensina, lasalocida, salinomina e laidlomina propionato são aprovadas para uso em dietas de ruminantes (MORAIS; BERCHIELLI; REIS, 2011).

A utilização dos ionóforos já é consagrada na nutrição de ruminantes, principalmente em confinamento, e os efeitos decorrentes de seu uso são bem relatados na literatura, sendo utilizados em 93,9% dos confinamentos brasileiros (OLIVEIRA; MILLEN, 2011).

2.1.2. Modo de ação no ambiente ruminal

Em animais que não possuem nenhum tipo de distúrbio metabólico, que são considerados saudáveis, o meio ruminal é caracterizado por ser um ambiente anaeróbio, possuir temperatura entre 38 a 41 °C, pH entre 5,5 a 7,2, umidade entre 85 a 90% e osmolaridade entre 260 a 340 mOsm. Além destas características, o rúmen deve possuir entrada frequente de substratos fermentescíveis e fibras fisicamente efetivas, oriundos da alimentação para que ocorra o aumentando da motilidade ruminal, misturando o conteúdo e removendo os subprodutos gerados da fermentação (VALADARES FILHO; PINA, 2011).

Este ambiente é propício para que ocorra o máximo trabalho bioquímico, produzido por microrganismos unicelulares representados por bactérias, protozoários e fungos. Em termos quantitativos, de 60 a 90% da massa microbiana ruminal é constituída por bactérias, de 10 a 40% por protozoários ciliados e de 5 a 10% por fungos, o que consiste em aproximadamente 10^{10} a 10^{11} células/mL de bactérias, entre 10^4 a 10^6 protozoários e 10^3 a 10^5 zoospóros/mL de fungos anaeróbicos (VAN SOEST, 1994; KAMRA, 2005).

As bactérias ruminais são agrupadas em função do tipo de substrato que fermentam, sendo classificadas em fermentadoras de carboidratos estruturais (SC), não-estruturais (NSC), proteolíticas, metanogênicas, lácticas e lipolíticas. Os protozoários fermentam hemicelulose e celulose e, ainda, auxiliam e controlam a fermentação ruminal por engolfar grânulos de amido no fluido ruminal. Os fungos colonizam as fibras presentes no rúmen com produção de enzimas de alta atividade, entre elas as celulasas e xilanasas (KOZLOSKI, 2009).

De acordo com o método de Gram, todas as bactérias são classificadas em positivas e negativas. As bactérias Gram-positivas são mais sensíveis aos ionóforos do que as espécies Gram-negativas, isso ocorre devido à presença de uma segunda

membrana composta por proteínas, lipoproteínas e lipopolissacarídeos que é impermeável a grandes partículas.

A membrana das bactérias Gram-negativas possui canais de proteínas denominados de porinas, com tamanho médio de 600 daltons. O tamanho aproximado da maioria dos ionóforos é maior do que esse valor, sendo assim, a entrada do aditivo nestas bactérias é dificultada. Por outro lado, as bactérias Gram-positivas possuem uma única camada de peptidoglicano e, por ser porosa, não impede a entrada dos ionóforos no interior dos microrganismos (MORAIS; BERCHIELLI; REIS, 2011).

Cada tipo de ionóforo é capaz de se ligar com um cátion apropriado. Essa ligação ionóforo-cátion se junta à bactéria e se solubiliza na bicamada lipídica das membranas celulares. Após a solubilização na membrana celular, o complexo cátion é trocado por um próton (MCGUFFEY; RICHARDSON; WILKINSON, 2001).

O modelo de Russel (1987) é o mais aceito e visa explicar os efeitos da utilização da monensina que desorganiza o transporte de íons, inibindo o crescimento microbiano. Isso ocorre devido a esse ionóforo ter cerca de 10 vezes maior afinidade por Na^+/H^+ do que por K^+/H^+ , porém, o gradiente de K^+ é 25 vezes maior do que o de Na^+ , tornando assim, o efluxo de K^+ pela monensina mais favorável que o efluxo de Na^+ . O efluxo de K^+ resulta em acúmulo de H^+ devido à maioria das células expelirem prótons via ATPase, para manter o pH intracelular mais alcalino e isso leva a um decréscimo do pH intracelular.

Este decréscimo do pH intracelular, somado ao gasto excessivo de ATP's, devido ao transporte desorganizado dos íons, provoca a morte ou a redução do crescimento microbiano.

Nagaraja (1981) constatou a seleção de bactérias por meio dos ionóforos (monensina e lasalocida) ao avaliar a sensibilidade das Gram-positivas, produtoras de lactato, e Gram-negativas, consumidoras de lactato, observando que a maioria das bactérias Gram-positivas foram inibidas por ambos ionóforos, ao contrário das Gram-negativas, que não foram sensíveis.

Além das bactérias, outros microrganismos são afetados pelos ionóforos, como os protozoários e os fungos (BERGAN; BATES, 1984), embora os dados de fungos sejam mais contraditórios do que para as bactérias ruminais (MCGUFFEY;

RICHARDSON; WILKINSON, 2001). Guan et al. (2006) relataram diminuição da população de protozoários ciliados em bovinos suplementados com monensina e lasalocida no primeiro mês de estudo. Após este período a população foi totalmente restabelecida. Estes dados sugerem que os ionóforos estão relacionados com os protozoários ciliados, tornando-se capazes de se adaptar à presença deste tipo de aditivo.

2.1.3. Benefícios do uso

Os ionóforos, principalmente a monensina, provavelmente são os aditivos mais pesquisados em dietas de ruminantes e um de seus principais efeitos é a alteração na relação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Guan et al. (2006) não observaram aumento na quantidade total de AGCC. No entanto, houve uma diminuição da relação acetato:propionato, uma vez que a monensina seleciona bactérias Gram-positivas, produtoras de acetato, butirato, lactato e amônia favorecendo o desenvolvimento das Gram-negativas, produtoras de propionato e utilizadoras de lactato.

Outro benefício da monensina é a regulação no consumo de massa seca (CMS). Esse mecanismo não é bem esclarecido na literatura, porém ocorre provavelmente devido ao aumento do tempo de retenção da dieta ingerida no rúmen. Este efeito é causado devido à ação do propionato, um AGCC (precursor da glicose) responsável pela regulação da saciedade em ruminantes, semelhante ao efeito da glicose sanguínea, que regula o consumo de animais monogástricos (ROGERS; DAVIS, 1982). Outro mecanismo de regulação, menos utilizado que o anterior, é o de Baile et al. (1979), que atribuíram a redução no consumo ao sabor do ionóforo, que não é palatável aos animais.

A redução no CMS é observada principalmente com monensina (GOODRICH et al., 1984), enquanto outros ionóforos, como lasalocida, salinomina e laidlomina propionato, em geral não afetam ou ainda podem aumentar o consumo (SPIRES et al., 1990). Os resultados consistentes na utilização da monensina sobre a modulação do consumo de alimento fez com que o NRC (1996) recomendasse que o CMS estimado fosse diminuído em 4% em animais suplementados entre 27,5 a 33 ppm de monensina.

Também é atribuído a monensina o uso mais eficiente da proteína. Esse benefício deve-se a maior sensibilidade das bactérias proteolíticas e fermentadoras de aminoácidos aos ionóforos, o que diminui a concentração ruminal de N-amoniacoal (LANA; RUSSELL, 1996). O acúmulo de alfa-amino-nitrogênio e peptídeos inibem mais a desaminação do que a proteólise (MCGUFFEY; RICHARDSON; WILKINSON, 2001).

Além de alterar a proporção dos AGCC, a monensina reduz a produção de metano. No passado, a maioria das pesquisas concentrava-se apenas em relação à ineficiência do metabolismo energético. Nos dias atuais, contudo, discute-se muito sua contribuição para mudanças climáticas e sobre o aquecimento global (ELLIS et al., 2008).

A redução na produção de metano está mais relacionada com a inibição das bactérias que produzem e fornecem H_2 (principalmente as produtoras de acetato e butirato) e formato para metanogênese, do que com um efeito direto sobre a população dos microrganismos produtores de metano, uma vez que essas bactérias são mais resistentes aos ionóforos do que aquelas que fornecem os substratos, reduzindo em média 25% da emissão do gás (VAN NEVEL; DEMEYER, 1995).

Somado à seleção das bactérias, 55% da redução nas emissões de metano atribuem-se ao menor consumo pelo animal e os 45% restantes são atribuídos a mudanças na fermentação ruminal (O'KELLY; SPIERS, 1992). Segundo Wolin (1960), as sínteses dos AGCC acético (CH_3-COOH) e butírico ($CH_3-CH_2-CH_2-COOH$) promovem a produção de CH_4 por liberarem carbonos e 2H no meio ruminal, no metabolismo do piruvato ($C_3H_6O_3$), enquanto o ácido propiônico (CH_3-CH_2-COOH) reduz a produção do gás de efeito estufa, por fornecer exatamente a quantidade necessária de carbonos e remover 2H do ambiente ruminal.

Bovinos suplementados com monensina possuem menor variação no CMS quando comparados à animais não suplementados com o aditivo (STOCK et al., 1995).

A suplementação com monensina promove, ainda, maior entrada de ácidos graxos insaturados no intestino delgado e maior deposição de ácido araquidônico e linolênico- α no músculo *Longissimus dorsi* (LADEIRA et al., 2014). Isso ocorre devido à seleção de bactérias que realizam a biohidrogenação, processo pela qual o

ácido graxo insaturado recebe H^+ por reações de isomerases e redutases, convertendo-os em ácidos graxos saturados (KOZLOSKI, 2009). A bactéria *Butyrivibrio fibrisolvens* presente no rúmen, possui alta capacidade de biohidrogenação, porém, é uma bactéria Gram-positiva e tem seu desenvolvimento prejudicado pela ação da monensina.

Varela et al. (2004) relataram que os ácidos graxos poliinsaturados de cadeia longa participam de vários processos metabólicos benéficos à saúde humana, destacando as propriedades anti-inflamatórias, imunomoduladoras, anticarcinogênicas e antitrombóticas. Os produtos de origem animal, particularmente a carne e as gorduras de animais ruminantes, são fontes naturais de alguns desses ácidos graxos, como os isômeros do ácido linoléico conjugado (CLA), principalmente o cis-9, trans-11 (METZ et al., 2009).

2.1.4. Dosagem e resultados da utilização de monensina

Erickson et al. (2003) realizaram dois experimentos de desempenho e um ensaio metabólico com objetivo de avaliar a interação entre o manejo de cocho e a concentração de monensina sobre o desempenho, comportamento ingestivo e metabolismo ruminal de bovinos em confinamento. Foram utilizados 1.793 animais no primeiro experimento e 1.615 no segundo, sendo divididos em três tratamentos: 1) manejo de cocho *ad libitum* com 28,6 ppm, 2) manejo de cocho limpo com 28,6 ppm e 3) manejo de cocho limpo com 36,3 ppm de monensina.

No primeiro experimento, o manejo de cocho ou a concentração de monensina não afetaram o desempenho dos animais. No segundo, os bovinos alimentados *ad libitum* apresentaram maior CMS e ganho de peso diário (GPD). Contudo, a eficiência alimentar (EA) foi semelhante aos animais manejados com cocho limpo. Os autores observaram que a concentração de monensina não afetou o desempenho dos bovinos em ambos os experimentos.

No ensaio de metabolismo, que utilizou oito novilhos fistulados no rúmen em delineamento quadrado latino 4x4, a monensina aumentou o número de refeições e diminuiu o CMS. O tamanho das refeições e as variações no pH ruminal foram menores para bovinos alimentados com monensina, em relação aos bovinos manejados na forma de cocho limpo.

McGinn et al. (2004) mediram as emissões de metano e dióxido de carbono, utilizando 16 novilhos Holandeses, alimentados com dieta de alta forragem, divididos em quatro grandes câmaras equipadas com lasers e analisadores infravermelho de gases.

Os autores avaliaram o efeito da suplementação de diferentes aditivos, entre eles: (M) monensina (33 ppm da MS), óleo de girassol, enzimas, levedura, ácido fumárico e o grupo controle (C). Não foi observada diminuição no CMS (M: 9,02 e C: 8,73 kg) e total de AGCC (M: 79,0 e C: 68,1 mM) entre os animais suplementados com monensina e o grupo controle. Contudo, houve aumento no propionato (M: 21,6 e C: 18,3%), redução na relação acetado:propionato (M: 3,06 e C: 3,75) e de acetato (M: 65,5 e C: 68,0%), sem prejudicar a digestibilidade da massa seca (M: 63,8 e C: 62,0%) e da fibra em detergente neutro (M: 47,8 e C: 44,3%).

Oliveira et al. (2005) utilizaram quatro novilhos Holandeses fistulados no rúmen divididos em quatro tratamentos: 1) BS: baixa proteína (11,4%) sem monensina; 2) BM: baixa proteína com monensina (28 ppm); 3) AS: alta proteína (16,5%) sem monensina; AM: Alta proteína com monensina (28 ppm).

Os autores constataram que o aditivo, independentemente do teor proteico da dieta, reduziu o CMS (BS: 11,73 kg; BM: 9,08 kg; AS: 11,47 kg e AM: 10,25 kg), aumentou a concentração de ácido propiônico (BS: 18,60 mmol/L; BM: 20,87 mmol/L; AS: 18,56 mmol/L e AM: 23,42 mmol/L), reduziu o teor de ácido butírico (BS: 9,16 mmol/L; BM: 6,18 mmol/L; AS: 9,98 mmol/L e AM: 7,91 mmol/L), a relação acetato:propionato (BS: 4,34 mmol/L; BM: 2,89 mmol/L; AS: 4,04 mmol/L e AM: 2,88 mmol/L) e a atividade específica de produção de amônia (BS: 24,43 nmol NH₃/mg proteína/min; BM: 17,14 nmol NH₃/mg proteína/min; AS: 22,27 nmol NH₃/mg proteína/min e AM: 20,01 nmol NH₃/mg proteína/min).

A monensina, quando associada à dieta com baixo teor proteico, também ocasionou diminuição da concentração do ácido acético (BS: 80,24 e BM: 60,33 mmol/L), elevação do pH (BS: 6,44 e BM: 6,77) e da síntese de proteína microbiana ruminal (BS: 1.595,40 e BM: 2.579,90 mg/L).

Segundo Guan et al. (2006), tanto a monensina (33 ppm) quanto a alternância de monensina e lasalocida (36 ppm) não influenciaram o CMS (7,03 e 7,22 kg), GPD (0,90 e 0,89 kg) e a EA (7,98 e 8,00) de bovinos recebendo dietas com baixo teor de

concentrado. Entretanto, animais recebendo dietas com alto teor de concentrado, tanto a monensina (M) quanto a alternância de monensina e lasalocida (M/L) tiveram melhor desempenho comparado ao grupo controle (C), diminuindo o CMS (M: 7,36; M/L: 7,17 e C: 8,21 kg) e melhorando a conversão alimentar (CA) (M: 7,23; M/L: 7,11 e C: 7,72 kg/kg), sem efeito sobre o GPD (M: 1,03; M/L: 1,01 e C: 1,05 kg).

Segundo os autores, o aumento da EA de bovinos suplementados com ionóforos em dietas altamente energéticas, está relacionado com a redução do CMS. A suplementação com monensina para bovinos pode diminuir as emissões entéricas de metano em até 30%, dependendo do teor energético da dieta. Esta diminuição, por sua vez, esta relacionada a uma queda transitória no número de protozoários ciliados, presentes no líquido ruminal.

Em um estudo avaliando os efeitos da suplementação de 30 ppm de monensina (M), levedura (L), associação de ambas (M/L) e o grupo controle (C), sobre a qualidade de carcaça em bovinos Nelore confinados, Gomes et al. (2009) concluíram que os aditivos não influenciaram o pH da carcaça (M: 5,59; L: 5,62; M/L: 5,59 e C: 5,58), a cor, a gordura intramuscular, a força de cisalhamento (M: 2,8; L: 2,9; M/L: 3,3 e C: 3,3 kg) e as perdas por exsudação (M: 2,3; L: 2,2; M/L: 2,5 e C: 2,1%) e cozimento da carne (M: 13,5; L: 14,6; M/L: 15,0 e C: 14,9 kg).

Também não houve diferença entre a suplementação de monensina e o grupo controle no peso de carcaça quente (M: 266 e C: 265 kg), peso de gordura pélvica renal (M: 11,6 e C: 12,4 kg), espessura de gordura subcutânea (M: 6,4 e C: 5,8 mm) e área de olho de lombo (M: 65,5 e C: 65,7 cm²).

Marino et al. (2011) conduziram ensaio metabólico com nove vacas fistuladas no rúmen para avaliar o efeito da monensina (300 mg/dia) e do preparado de anticorpos policlonais (PAP) contra *Streptococcus bovis*, *Fusobacterium necrophorum*, *Clostridium aminophilum*, *Peptostreptococcus anacrobis* e *Clostridium sticklandii*. O PAP apresentou capacidade semelhante à da monensina (M) de controlar o pH ruminal (PAP: 6,25 e M: 6,16) de bovinos alimentados com dietas altamente energéticas.

Entretanto, o PAP não foi eficaz quanto a monensina em aumentar o pH ruminal (PAP: 6,47 e M: 6,72) seis horas após a alimentação, sem afetar o CMS

(PAP: 8,87 e M: 8,22 kg), concentração total de AGCC e nitrogênio amoniacal (PAP: 5,46 e M: 3,53 mg/dL).

Dois experimentos foram realizados por Felix, Pyatt e Loerch (2012) para avaliar os efeitos da monensina e grãos de destilaria secos e solúveis (DDGS), utilizando 8 novilhos Angus fistulados no rúmen. No primeiro experimento, os animais foram divididos em quatro tratamentos: 1) Controle (0 ppm); 2) 22 ppm; 3) 33 ppm e 4) 44 ppm de monensina. Não foi observado efeito das dosagens sobre o CMS (média de 9,9 kg/dia), concentrações de AGCC e ácido láctico, produção do gás sulfeto de hidrogênio (H_2S) ou sulfeto líquido (S_2).

No segundo experimento, os tratamentos foram em fatorial 2x2, sendo os tratamentos: 1) Controle: 0 ppm de monensina + 25% de DDGS, 2) 0 ppm de monensina + 60% de DDGS, 3) 44 ppm de monensina + 25% de DDGS e 4) 44 ppm de monensina + 60% de DDGS. Constatou-se que com a inclusão de 60% de DDGS, houve redução no CMS. Após 6 horas de alimentação a concentração de propionato ruminal foi aumentada e animais alimentados com 60% de DDGS produziram mais H_2S (71%) e S_2 (64%) do que animais alimentados com 25% de DDGS independente do uso de monensina.

Segundo os autores, esses estudos não mostraram efeitos benéficos da suplementação de monensina sobre o pH ruminal, AGCC e H_2S , devido às condições adversas do rúmen quando as dietas ricas DDGS foram fornecidas. Esse fato pode ter impedido que os benefícios deste aditivo se realizassem.

Em experimento de dosagem, Raun et al. (1976) utilizaram 35 novilhos Hereford com peso médio inicial de 362,5 kg divididos em seis tratamentos de acordo com a dosagem de monensina adotada: 0; 2,7; 5,5; 11; 22; 33; 44 e 88 ppm. Todas as dosagens, exceto 88 ppm, tiveram GPD iguais ou maiores que o grupo controle (0 ppm), sendo o maior valor 1,01 kg na dosagem 11 ppm. O CMS diminuiu linearmente com o aumento na dosagem do ionóforo, sendo reduzido em 3,5% na dosagem 11 ppm e 13,1% em 33 ppm. Todas as dosagens tiveram a EA melhorada. Porém, nos tratamentos 11 e 33 ppm o aumento foi de 10 e 17%, respectivamente.

Os autores ainda relataram redução nas proporções molares de acetato, butirato e valerato. Em contrapartida, houve aumento de propionato e isovalerato. Em níveis inferiores a 44 ppm ocorreu aumento na concentração da glicose, ureia e

insulina, sendo recomendado dose ótima de 11 ppm para GPD e 33 ppm para máxima EA.

Em relação ao desempenho de bovinos suplementados com monensina, Goodrich et al. (1984) compilaram dados de 228 experimentos que envolveram 11.274 animais, encontrando dosagem média de $31,8 \pm 7,5$ ppm, o que resultou em aumento no GPD 1,6%, redução no CMS de 6,4% e 7,5% de melhora na EA.

Constataram, ainda, que bovinos consumindo dietas com alta energia metabolizável apresentaram uma resposta maior ao ionóforo do que bovinos consumindo dietas com menor energia metabolizável e que a monensina melhorou a digestibilidade da massa seca e exerceu efeito poupador de proteína, reduziu a produção de ácido láctico e controlou a incidência de timpanismo.

Em bovinos mantidos em regime de pastagem, após analisar 24 experimentos, a dosagem média encontrada foi de 154,5 mg/dia de monensina, o que melhorou em 13,5% o GPD. Não foi constatado efeito do aditivo sobre as características de carcaça.

Tedeschi, Fox e Tylutki (2003) sumarizaram dados e mostraram, em condições de confinamento, um consistente aumento na EA provocado pela redução no CMS com pequeno ou nenhum efeito no GPD. A dosagem ideal encontrada pelos autores foi de 28 ppm, resultando em aumento no GPD de 1,6 a 1,8%, diminuição no CMS de 4 a 6% e melhora na CA de 6 a 7,5% em bovinos confinados em fase de crescimento.

Segundo os autores, o efeito principal da monensina é manter o desempenho produtivo reduzindo o consumo de alimento, melhorando assim a CA. Ainda segundo os autores, em animais mantidos em sistema de pastagem, observou-se que o GPD foi aumentado com o uso de monensina.

Duffield, Merrill e Bagg (2012) fizeram uma meta-análise reunindo 40 artigos e 24 relatórios técnicos envolvendo o fornecimento de monensina. A dosagem média encontrada nos estudos foi de 28,1 ppm, resultando em aumento de 2,5% no GPD e melhora de 6,4% na EA.

Porém, quando foram considerados apenas os dados dos últimos vinte anos, o GPD foi reduzido em 2,5%, a EA em 3,5% e o CMS em 3,0%. Animais em baias coletivas tiveram maiores ganhos de peso em relação a baias individuais. Também

foi observado efeito linear na dosagem de monensina. Conforme a concentração do ionóforo aumenta, ocorre aumento na EA e redução no CMS. Estes resultados confirmam que a monensina melhora EA de bovinos de corte confinados em crescimento e terminação.

Ellis et al. (2012) revisaram 16 experimentos internacionais e encontraram uma média de $30,90 \pm 3,70$ ppm. Por outro lado, em levantamento realizado por Millen et al. (2009) com nutricionistas nacionais, a dosagem média recomendada foi de 21,90 ppm.

Como foi visto, tanto na literatura nacional quanto na internacional, existem diversos trabalhos que testaram a utilização de monensina. Contudo, não há informações sobre qual é a melhor dosagem desta nova monensina para o melhor desempenho de bovinos Nelore terminados em confinamento.

2.1.5. Toxidez e resistência

A utilização da monensina pode exercer efeito tóxico a outras espécies animais, entre elas os equinos. Este aditivo também pode provocar intoxicação em bovinos, porém, este efeito é incomum e pouco relatado na literatura. Este problema pode vir a ocorrer dependendo de uma super dosagem adotada. Por isso, conhecer a dose mais adequada de cada produto comercial torna-se extremamente importante, uma vez que cada empresa possui formulação própria e composição diferente umas das outras.

Após a ingestão, a monensina é excretada rapidamente pelo animal. Contudo, existe uma preocupação da população sobre uma remota possibilidade, sem comprovação científica, de que a taxa de excreção do ionóforo seja excedida, levando a um acúmulo do aditivo nos tecidos dos animais, o que poderia provocar uma possível resistência por parte de alguns microrganismos a certos tipos de antibióticos em humanos que consomem produtos derivados destes animais.

Como dito anteriormente, não existem trabalhos na literatura que comprovem ou relataram caso de mutação ou aquisição de genes externos de bactérias ao uso de ionóforos. Russel e Houlinhan (2003) afirmaram que a resistência por parte dos ionóforos é uma seleção fenotípica provocada por alterações no fluxo de potássio monensina-dependente.

Existe uma pequena evidência de que a resistência aos ionóforos seja transferida de uma bactéria para outra. Sendo assim, o uso destes aditivos não impacta sobre a transferência da resistência aos antibióticos dos animais para os seres humanos, tornando o uso destes aditivos totalmente seguros.

2.2 Acidose ruminal

Os ruminantes possuem certa vantagem em relação aos outros animais por manterem simbiose com os microrganismos ruminais, os quais produzem enzimas que degradam materiais fibrosos (RUSSEL; RICHLIK, 2001). Porém, para atingir elevados níveis produtivos, é necessária a inclusão de carboidratos não fibrosos nas dietas desses animais.

No entanto, o aumento na proporção de carboidratos rapidamente fermentáveis está diretamente relacionado com a incidência de acidose, provocando mudanças ruminais como o aumento da produção de AGCC, ácido láctico, aumento da osmolaridade (o que diminui a absorção dos AGCC), desenvolvimento de bactérias como *S. bovis*, problemas como laminite, abscessos hepáticos, redução no CMS, pH e motilidade ruminal (NAGARAJA; CHENGAPPA, 1998; OWENS et al., 1998).

Doenças decorrentes da acidose como cetose e timpanismo também são causadas por distúrbios na fermentação ruminal, porém, seus efeitos são diminuídos com a utilização de ionóforos, uma vez que exercem influência direta sobre o consumo de alimentos e microbiologia ruminal (MCGUFFEY; RICHARDSON; WILKINSON, 2001)

Durante o processo de acidificação ruminal, ocorrem flutuações de pH (ASCHENBACH et al., 2011), provocadas principalmente por bactérias produtoras de lactato, tais como *S. bovis*, *Lactobacillus*, *Butyrivibrio* e *Lanchnospira*, o que resulta em morte de alguns microrganismos ruminais, entre eles, bactérias amilolíticas, que degradam o amido, as celulolíticas, que degradam fibras e consumidoras de lactato, como a *Megasphaera elsdenii*, que tem seu crescimento prejudicado a partir de pH abaixo de 6,5.

Sem a presença dessas bactérias a digestibilidade destes nutrientes podem ser comprometidas (YANG; BEAUCHEMIN; VEDRES, 2002) o que pode afetar o

desempenho (STOCK et al., 1995) e a saúde ruminal. Schwartzkopf-Genswein et al. (2004) relataram que bovinos que tiveram flutuações no consumo de 10% no oferecido, permaneceram maior tempo com o pH ruminal abaixo de 5,5.

Na pesquisa realizada por Millen et al. (2009), mais de 50% dos entrevistados responderam que não controlam a quantidade de alimento que é fornecido para cada baia, adotando o sistema conhecido como “bica corrida”, o que pode colaborar com o aumento da variação do CMS. Ainda segundo o autor, 52% dos nutricionistas relataram que a acidose ou os problemas associados, como laminite e timpanismo, são o principal problema de ordem nutricional de bovinos confinados, ficando atrás apenas de problemas respiratórios.

Quando o fornecimento de carboidratos não fibrosos é aumentado rapidamente, sem adaptação prévia, a produção de AGCC e ácido láctico também aumentam como resposta a essa fermentação, fazendo com que ocorra o acúmulo destes ácidos no rúmen (OWENS et al., 1998).

Em situações normais a concentração de lactato ruminal é baixa, mas nos casos de mudanças abruptas sua concentração se torna alta e sua constante de dissociação ácida (pKa) é dez vezes mais forte do que os AGCC, contribuindo assim para maior redução do pH ruminal (DAWSON et al., 1997). A acidose pode ser definida como a redução do conteúdo alcalino do fluido corporal em relação ao conteúdo ácido, sendo classificada por Nagaraja e Titgemeyer (2007) como subaguda (pH entre 5,1 e 5,5) e aguda (pH abaixo de 5,0).

Os maiores problemas estão relacionados com a acidose subaguda, pois os animais acometidos não demonstram quaisquer sintomas ou sinais clínicos externos, com exceção da redução e flutuação do consumo ocasionando diminuição do desempenho produtivo, tornando a identificação deste animal dentro de uma baia extremamente difícil. Schwartzkopf-Genswein et al. (2003) relataram que nutricionistas e gerentes de confinamento da América do Norte estimam perdas em decorrência de acidose subaguda entre 15 a 20 dólares por animal.

Na acidose aguda, os animais apresentam grandes concentrações de AGCC (GALYEAN; RIVERA, 2003) e lactato acima de 40 mM, favorecendo o desenvolvimento de bactérias do gênero *Lactobacillus*, que produzem lactato, contribuindo para uma redução mais acentuada do pH ruminal.

O organismo do animal encontrou uma forma de neutralizar o pH ruminal que é por meio da secreção de bicarbonato, feita através da saliva durante a mastigação e ruminação ou pela troca entre o epitélio ruminal e corrente sanguínea. Dependendo da intensidade da acidose, muito bicarbonato pode deixar a corrente sanguínea para tentar tamponar o pH ruminal e isso poderá ocasionar acidose metabólica (OWENS et al., 1998).

Segundo Hill (1990), a acidose metabólica aumenta a taxa respiratória, conseqüentemente, eleva a pressão e saturação de oxigênio, reduzindo a pressão total de gás carbônico sanguíneo. De acordo com Huntington (1988), animais acometidos com acidose metabólica apresentam diminuição do volume extracelular, ocasionando desidratação, arritmia cardíaca, diminuição da circulação sanguínea periférica, redução do fluxo de sangue para os rins, podendo até provocar a morte do animal.

Animais confinados alimentados com dietas ricas em carboidratos não estruturais apresentam valores de pH, bicarbonato e pressão de gás carbônico sanguíneo reduzidos (JACKSON et al., 1992).

Várias estratégias de manejo e aditivos alimentares podem ser utilizadas com o objetivo de prevenir ou reduzir a acidose. A eficácia destas estratégias depende do grau da doença e do tipo de produto a ser utilizado. Na década de 70, o carbonato de cálcio, o óxido de magnésio e o bicarbonato foram utilizados nas dietas para tamponar os ácidos ruminais (RUSSEL; RYCHLIK, 2001). Contudo, a utilização da monensina é um dos métodos mais utilizados e efetivos para controlar e prevenir a acidose, por selecionarem os microrganismos ruminais desejáveis e reduzir o CMS, aliviando, assim, a fermentação ruminal, desde que o manejo do confinamento seja adequado, permitindo que o ionóforo desempenhe sua função.

Nos dias atuais, é grande a necessidade de intensificação dos sistemas de produção de bovinos e pequenos ajustes, como o fornecimento de aditivos, entre eles a monensina, podem contribuir para o aproveitamento máximo dos animais confinados, aumentando a eficiência e diminuindo os problemas com desordens nutricionais, tornando o sistema cada vez mais rentável.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANUALPEC 2013: Anuário da pecuária brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2013. p. 77.

ASCHENBACH, J. R.; PENNER, G. B.; STUMPF, F.; GÄBEL, G. Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 1092-1107, 2011.

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

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

DAWSON, K. A.; RASMUSSEN, M. A.; ALLISON, M. J. Digestive disorders and nutritional toxicity. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. **The rumen microbial ecosystem**. London: Elsevier, 1997. p. 633-660.

DUFFIELD, T. F.; MERRILL, J. K.; BAGG, R. N. Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 4583-4592, 2012.

ELLIS, J. L.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A.; KEBREAB, E.; HOOK, S. E.; ARCHIBEQUE, S.; FRANCE, J. Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain-fed beef cattle. **Journal of Animal Science**, p. 90, v. 2717-2726, 2012.

ELLIS, J. L.; DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; BANNINK, A.; ODONGO, N. E.; MCBRIDE, B. W.; FRANCE, J. Aspects of rumen microbiology central to mechanistic modeling of methane production in cattle. **Journal of Agricultural Science**, v. 146, p. 213-233, 2008.

ERICKSON, G. E.; MILTON, C. T.; FANNING, K. C.; COOPER, R. J.; SWINGLE, R. S.; PARROTT, J. C.; VOGEL, G.; KLOPFENSTEIN, T. J. Interaction between bunk management and monensin concentration on finishing performance, feeding behavior, and ruminal metabolism during an acidosis challenge with feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 81, p. 2869-2879, 2003.

FELIX, T. L.; PYATT, N. A.; LOERCH, S. C. Effects of monensin supplementation on ruminal metabolism of feedlot cattle fed diets containing dried distillers grains. **Journal of Animal Science**, v. 90, p. 3905-3913, 2012.

GALYEAN, M. L.; RIVERA, J. D. Nutritionally related disorders affecting feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 83, p. 13-20, 2003.

GOMES, R. C.; LEME, P. R.; SILVA, S. L.; ANTUNES, M. T.; GUEDES, C. F. Carcass quality of feedlot finished steers fed yeast, monensin, and the association of both additives. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n. 3, p. 648-654, 2009.

GOODRICH, R. D.; GARRET, J. E.; GHAST, D. R.; KIRICH, M. A.; LARSON, D. A.; MEISKE, J. C. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, p. 1484-1498, 1984.

GUAN, H.; WITTENBERG, K. M.; OMINSKI, K. H.; KRAUSE, D. O. Efficacy of ionophores in cattle diets for mitigation of enteric methane. **Journal of Animal Science**, v. 84, p. 1896-1906, 2006.

HANEY JUNIOR, M. E.; HOEHN, M. M. Monensin, a new biologically active compound. I. Discovery and isolation. **Antimicrobial Agents Chemotherapy**, v. 7, p. 349-352, 1967.

HILL, L. L.. Body composition, normal electrolyte concentrations and the maintenance of normal volume, tonicity, and acid-base metabolism. **Pediatric Clinics of North America**, v. 37, p. 241, 1990.

HIROHIKO, A.; MURATA, H.; HARADA, K.; SUZUKI, M.; OKA, H.; IKAIS, Y. Improvement of chemical analysis of antibiotics 21. Simultaneous determination of three polyether antibiotics in feeds using high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 112-117, 1994.

HUNTINGTON, G. B. Nutritional problems related to the gastro-intestinal tract: Acidosis. In: CHURCH, D. C. **The ruminant animal digestive physiology and nutrition**. Long Grove: Waveland, c. 1988. Cap. 23, p. 474-480.

JACKSON, J. A.; HOPKINS, D. M.; XIN, Z.; HEMKEN, R. W. Influence of cation-anion balance on feed intake, body weight gain, and humoral response of dairy calves. **Journal of Dairy Science**, v. 75, n. 5, p. 1281-1286, 1992.

KAMRA, D.N. Rumen microbial ecosystem. Special Section: Microbial Diversity. **Current Science**, v. 89, p. 124-135, 2005.

KOZLOSKI, Gilberto Vilmar. **Bioquímica dos ruminantes**. 2. ed. Santa Maria: UFMS, 2009. p. 108.

LADEIRA, M. M.; SANTAROSA, L. C.; CHIZZOTTI, M. L.; RAMOS, E. M.; MACHADO NETO, O. R.; OLIVEIRA, D. M.; CARVALHO, J. R. R.; LOPES, L. S.; RIBEIRO, J. S. Fatty acid profile, color and lipid oxidation of meat from young bulls fed ground soybean or rumen protected fat with or without monensin. **Meat Science**, v. 96, p. 597-605, 2014.

LANA, R. P.; RUSSELL, J. B. Use of potassium depletion to assess adaptation of ruminal bacteria to ionophores. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 62, n. 12, p. 4499-4503, 1996.

MARINO, C. T.; OTERO, W. G.; RODRIGUES, P. H. M.; DICOSTANZO, A.; MILLEN, D. D.; PACHECO, R. L. D.; DILORENZO, N.; MARTINS, C. L.; ARRIGONI, M. D. B. Effects of adding polyclonal antibody preparations on ruminal fermentation patterns and digestibility of cows fed different energy sources. **Journal of Animal Science**, v. 89, p. 3228-3235, 2011.

MCGINN, S. M.; BEAUCHEMIN, 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, p. 3346-3356, 2004.

MCGUFFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 84, (E. Suppl.), p. 194-203, 2001.

METZ, P. A. M.; MENEZES, L. F. G.; SANTOS, A. P.; BRONDANI, I. L.; RESTLE, J.; LANNA, D. P. D. Perfil de ácidos graxos na carne de novilhos de diferentes idades e grupos genéticos terminados em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 523-531, 2009.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3427-3439, 2009.

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Aditivos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. cap. 18, p. 539-563.

NAGARAJA, T. G.; AVERY, T. B.; BARTLEY, E. E.; GALITZER, S. J.; DAYTON, A. D. Prevention of lactic acid acidosis in cattle by lasalocid or monensin. **Journal of Animal Science**, v. 53, p. 206-216, 1981.

NAGARAJA, T. G.; CHENGAPPA, M. M. Liver abscesses in feedlot cattle: a review. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 287-298, 1998.

NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J. Manipulation of ruminal fermentation. In: HOBSON, P. N.; STEWART, C. S. **The rumen microbial ecosystem**. 2. ed. New York: Chapman & Hall, 1997. cap. 13, p. 523-632.

NAGARAJA, T. G.; TITGEMEYER, E. C. Ruminal acidosis in beef cattle: The current microbiological and nutritional outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p.17-38, 2007.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7. ed. Washington: National Academy Press, 1996. p. 234.

O'KELLY, J. C.; SPIERS, W. G. Effect of monensin on methane and heat productions of steers fed lucerne hay either *ad libitum* or at the rate of 250 g/hour. **Australian Journal of Agricultural Research**, n. 43, p. 1789-1793, 1992.

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Pesquisa sobre recomendações nutricionais e práticas de gestão adotadas por nutricionistas confinamento no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 48., 2011, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2011. CD-ROM.

OLIVEIRA, M. V. M.; LANA, R. P.; JHAM, G. N.; PEREIRA, J. C.; PÉREZ, J. R. O.; VALADARES FILHO, S. C. Influência da monensina no consumo e na fermentação ruminal em bovinos recebendo dietas com teores baixo e alto de proteína. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 5, p. 1763-1774, 2005.

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

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

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. A proposed mechanism of monensin action in inhibiting ruminal bacterial growth: effects on ion flux and protonmotive force. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1519-1525, 1987.

RUSSELL, J. B.; HOULIHAN, A. J. Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. **FEMS Microbiology Reviews**, v. 27, p. 65-74, 2003.

RUSSELL, J. B.; RYCHLIK, J. L. Factors that alter rumen microbial ecology. **Science**, v. 292, p. 1119-1122, 2001.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; GIBB, D. J.; CREWS JUNIOR, D. H.; HICKMAN, D. D.; STREETER, M.; MCALLISTER, T. A. Effect of bunk management on feeding behavior, ruminal acidosis and performance of feedlot cattle: A review. **Journal of Animal Science**, v. 81, (E. Suppl. 2), p. 149-158, 2003.

SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCALLISTER, T. A.; GIBB, D. J.; STREETER, M. Effect of feed delivery fluctuations and feeding time on ruminal acidosis, growth performance, and feeding behavior of feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 82, p. 3357-3365, 2004.

SPIRES, H. R.; OLMSTED, A.; BERGER, L. L.; FONTENOT, J. P.; GILL, D. R.; RILEY, J. G.; WRAY, M. I.; ZINN, R. A. Efficacy of laidlomycin propionate for increasing rate and efficiency of gain by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, n. 68, p. 3382, 1990.

STOCK, R. A.; LAUDERT, S. B.; STROUP, W. W.; LARSON, E. M.; PARROTT, J. C.; BRITTON, R. A. Effects of monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. **Journal of Animal Science**, v. 73, p. 39-44, 1995.

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

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2011. cap. 6, p. 161-189.

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, p. 2797-2806, 1995.

VAN SOEST, P. Nutritional ecology of the ruminant. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

VARELA, A.; OLIVETE, B.; MORENO, T.; PORTELA, C.; MONSERRAT, L.; CARBALLO, J. A.; SANCHEZ, L. Effect of pasture finishing on the meat characteristics and intramuscular fatty acid profile of steers of the Rubia Gallega breed. **Meat Science**, v. 67, p. 515-522, 2004.

WOLIN, M. J. A theoretical rumen fermentation balance. **Journal of Dairy Science**, v. 43, p. 1452-1459, 1960.

YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A.; VEDRES, D. D. Effects of pH and fibrolytic enzymes on digestibility, bacterial protein synthesis, and fermentation in continuous culture. **Animal Feed Science and Technology**, v. 102, p. 137-150, 2002.

CAPÍTULO 2 – EFEITOS DA DOSAGEM DE MONENSINA SÓDICA SOBRE O DESEMPENHO PRODUTIVO, COMPORTAMENTO INGESTIVO, SAÚDE RUMINAL E CARACTERÍSTICAS DE CARÇAÇA EM BOVINOS NELORE CONFINADOS

RESUMO. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito de diferentes dosagens de monensina sódica, sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça de bovinos Nelore confinados. Foram utilizados 60 machos, com 20 meses e peso vivo inicial de $402,52 \pm 33,02$ kg, blocados por peso, divididos em cinco tratamentos: 0, 9, 18, 27 e 36 ppm de MON, caracterizando delineamento em blocos casualizados, com 12 animais por tratamento (1 animal/baia). A duração do experimento foi de 84 dias, 14 dias de adaptação, divididos em dois períodos de 7 dias com dietas de 68 e 76% de ingredientes concentrados, respectivamente e 70 dias de terminação, com dieta contendo 84% de concentrado. Polinômios ortogonais foram utilizados para avaliar a relação linear, quadrática, cúbica e quártica das variáveis dependentes. A suplementação com 9 ppm melhorou peso vivo final, ganho de peso diário, conversão alimentar, eficiência alimentar, energia líquida de ganho, custo do ganho de peso vivo, superfície absorptiva do epitélio ruminal, afetados de forma cúbica ($P < 0,05$) e índice mitótico afetado de forma quadrática ($P < 0,07$). A MON reduziu linearmente o consumo de massa seca ($P = 0,01$). O rendimento e peso de carcaça quente foram afetados de forma cúbica e linear ($P < 0,05$), respectivamente. Assim sendo, a monensina influenciou o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos Nelore confinado. Com base nos resultados deste estudo, a dosagem de 9 ppm foi considerada como a opção mais viável.

Palavras-chave: Histologia, ionóforo, morfologia, papila, rúmen, Zebu

INTRODUÇÃO

A utilização de confinamento é uma estratégia cada vez mais eficaz e rentável no sistema de produção de bovinos de corte e, por isto, obteve crescimento de 46% no número de animais, comparado ao ano de 2005. Foram mais de 4,2 milhões de cabeças (Anualpec, 2013), o que movimentou mais de US\$ 5,5 bilhões com as exportações em 2013, um aumento de 12,49% da receita, comparado ao ano 2012 (Abiec, 2014).

Para alcançar números tão expressivos e um resultado positivo, como tem sido, é imprescindível o fornecimento de rações com elevados teores de energia ou carboidratos não estruturais, principalmente a inclusão de amido e a redução de fibra (Vasconcelos e Galyean, 2007).

Entretanto, a inclusão de elevados teores de amido nas rações gera maior produção de ácidos graxos de cadeia curta, assim como de ácido láctico pelos microrganismos ruminais, o que pode levar a problemas decorrentes de desordens nutricionais, como a acidose (Aschenbach *et al.* 2011), frequentemente acompanhados de diminuição e variação no consumo de massa seca (CMS), redução da absorção de acetato, propionato e butirato, lesões no epitélio ruminal e aumento do índice de abscessos hepáticos, prejudicando, assim, o desempenho produtivo (Schwartzkopf-Genswein *et al.* 2004; Nagaraja *et al.* 2005; Blanch *et al.* 2009; Penner *et al.* 2011; Schwaiger *et al.* 2013).

Para que tais prejuízos possam ser minimizados, tornou-se imprescindível, na manipulação da fermentação ruminal, a utilização de monensina sódica (MON) como aditivo alimentar para bovinos confinados. A partir disso, é possível prevenir desordens digestivas e aumentar a eficiência no aproveitamento das dietas (Duffield *et al.* 2012).

Os ionóforos, principalmente a MON, são, provavelmente, os aditivos alimentares mais pesquisados em dietas de ruminantes. Desde a década de 70 são amplamente estudados (Ellis *et al.* 2012) e utilizados em 100% dos confinamentos brasileiros (Millen *et al.* 2009).

Diante deste grande mercado, muitas empresas de nutrição animal desenvolvem ou comercializam seu próprio produto, tornando-o diferente e único. Sendo assim, mais estudos com diferentes produtos comerciais precisam ser

realizados, a fim de conhecer qual a melhor dose a ser utilizada de cada produto, uma vez que cada empresa possui uma fórmula comercial diferente da outra.

Portanto, o presente estudo tem por objetivo avaliar qual a melhor dosagem de MON de um novo produto comercial sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos Nelore confinados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido de acordo com as normas da comissão de ética no uso de animais (CEUA) do Campus Experimental de Dracena, sob o protocolo 40/2012.

Animais e Local do Experimento

Foram utilizados 60 animais machos não castrados da raça Nelore, contemporâneos e oriundos do mesmo local, com peso vivo médio inicial de $402,52 \pm 33,02$ kg, provindos de sistema de recria em pasto. Os animais foram confinados nas instalações do confinamento da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), na cidade de Andradina/SP.

Tratamentos

Os animais foram divididos em cinco tratamentos com 12 repetições cada (1 animal/baia) de acordo com a dosagem de MON adotada: 0, 9, 18, 27 e 36 ppm de massa seca.

O produto comercial utilizado no experimento foi o Rumenpac, que possui 20% de MON em sua fórmula e comercializado pela empresa MCassab, São Paulo, Brasil.

Manejo dos animais e arraçãoamento

Todos os animais foram submetidos ao mesmo fornecimento de dietas, tipo de alojamento e manejo.

O programa de recebimento dos animais foi da seguinte forma: todos foram pesados, tratados com anti-helmínticos, vacinados contra doenças virais e

bacterianas (rota e coronavírus, tétano, botulismo e sete tipos de *Clostridium spp*; “Pfizer Animal Health, New York, NY”), submetidos a exame de brucelose e tuberculose, com arraçamento duas vezes ao dia: às 08:00 (40% do total) e 15:00 (60% do total) e adaptados às baias por um período de 12 dias.

As baias eram parcialmente cobertas, protegendo o alimento do sol e da chuva, com boa facilidade na circulação do ar, piso de concreto, lotação de um animal por baia (7,0 m² e 1,0 m de cocho por animal) e água à vontade disponível em bebedouro automático.

A duração do experimento foi de 84 dias, sendo 14 dias de adaptação utilizando-se o protocolo step up (escada). As duas dietas de adaptação continham 68 e 76% de ingredientes concentrados, divididos em 7 dias cada, sendo que no dia 15 do período experimental passou a ser fornecido a todos os tratamentos a dieta de terminação com 84% de concentrado.

As rações experimentais foram formuladas segundo o LRNS nível 2 (Large Ruminant Nutrition System, Fox *et al.* 2004), cujos níveis estão apresentados na Tabela 1. As rações foram compostas por bagaço de cana cru, feno de *Tifton*, milho grão moído grosso, farelo de soja, sal mineral, ureia e MON, nas dosagens de 0, 9, 18, 27 ou 36 ppm de massa seca.

As rações foram fornecidas *ad libitum* e submetidas a ajustes de quantidade diariamente, com base na quantidade de sobra nos cochos, a qual foi mantida em 7% da quantidade oferecida.

O consumo foi medido para cada baia por meio da pesagem do alimento fornecido diariamente e da pesagem da sobra antes do trato da manhã seguinte, 24 horas após o fornecimento. Assim, com as diferenças entre o oferecido e a sobra, calculou-se o consumo de massa natural ajustando o oferecido do dia subsequente. A determinação da matéria seca da ração total foi efetuada todos os dias por meio de aparelho de micro-ondas, para então obter o CMS diária em quilos e em porcentagem do peso vivo.

Tabela 1. Ingredientes e composição química das dietas experimentais de bovinos Nelore consumindo dietas de alto grão fornecida com diferentes doses de monensina sódica durante o período de adaptação e terminação
 NDT, nutrientes digestíveis totais; PB, proteína bruta; ELg, energia líquida de ganho; FDN, fibra em detergente neutro

Item	Porcentagem de concentrado		
	68%	76%	84%
Dias de alimentação	7	7	70
<i>Ingredientes (% da massa seca)</i>			
Bagaço de cana <i>in natura</i>	32,00	24,00	16,00
Grãos de milho quebrado	48,10	58,00	71,50
Farelo de soja	16,70	14,05	7,70
Suplemento ¹	3,20	3,95	4,80
<i>Conteúdo nutricional (% da massa seca)</i>			
NDT, % da MS	71,00	74,00	76,00
PB, % da MS	15,50	15,50	14,20
ELg (Mcal/kg da MS)	1,06	1,12	1,18
FDN, % da MS	33,00	27,90	22,80

¹Suplemento continha 26,66% de ureia como fonte de N, bem como Ca: 11,31%; P: 1,17%; S: 2,24%; Mg: 0,88%; Na: 3,80%; Co: 10 ppm; Cu: 205 ppm; I: 10 ppm; Mn: 718 ppm; Se: 5 ppm; Zn: 1026 ppm; Vitamina A: 56.430 UI; Vitamina D: 7.054 UI; Vitamina E: 257 UI.

Desempenho produtivo

No início do período experimental e a cada 28 dias todos os animais foram pesados, porém, somente na primeira e na última pesagem foram submetidos a jejum de sólidos, por 16 horas. Para as pesagens intermediárias, os animais não passaram por jejum e do peso vivo observado foi descontado 4% para assim se obter o peso vivo enxuto.

Dessa forma, foi calculado ao final do experimento o desempenho produtivo: o ganho de peso diário (GPD), utilizando os dados da pesagem inicial e final divididos pelo tempo de confinamento; a conversão alimentar (CA), obtida pela divisão do CMS total pelo ganho de peso vivo total; a eficiência alimentar (EA), calculada pela divisão do ganho de peso total pelo CMS total; o CMS médio expressa em quilogramas e em porcentagem do peso vivo.

Energia líquida de ganho e custo do ganho

Para estimar a energia líquida de ganho observada das dietas, foram utilizados os dados de peso corporal médio, GPD e CMS, utilizando a metodologia de Zinn e Shen (1998).

Foram calculados as exigências de energia de ganho e de manutenção dos animais seguindo metodologia do NRC (1984) e Lofgreen e Garrett (1968) relacionadas com o GPD e ao peso metabólico. A partir destes valores, a energia líquida (Mcal/kg de massa seca) das dietas foi calculada para ganho e manutenção, conforme metodologia de Zinn e Shen (1998).

$$1. \text{ Eg} = 0,0493 * PC^{0,75} * (GPD^{1,097}) \text{ (NRC, 1984)}$$

$$2. \text{ Em} = (0,077 * PC^{0,75}) \text{ (Lofgreen e Garrett, 1968)}$$

$$3. \text{ ELM} = (-b - (b^2 - \frac{4*a*c}{2*c})^{0,5}) \text{ (Zinn e Shen, 1998)}$$

$$4. \text{ ELg} = 0,877 * \text{ELM} - 0,41 \text{ (Zinn e Shen, 1998)}$$

em que: Eg = exigência em energia para ganho (Mcal/dia); PC = peso corporal vazio (kg); GPD = ganho de peso diário (kg); Em = exigência em energia para manutenção (Mcal/dia); ELM = energia líquida de manutenção da dieta (Mcal/kg de MS); b = (0,877 * Em) + (0,41 * CMS) + Eg; CMS = consumo de massa seca (kg); a = (-0,41 * Em); c = (-0,877 * CMS) + (0,41 * CMS) + Eg; ELg = energia líquida de ganho da dieta (Mcal/kg de MS).

Os valores obtidos pelas equações de energia líquida de ganho foram relacionados com o valor médio da energia líquida de ganho, proporcional para cada dieta (68%, 76% e 84%) e duração (7, 7 e 70 dias, respectivamente) estimados pelo LRNS (Fox *et al.* 2004).

O custo do ganho foi calculado por meio da equação:

$$5. \text{ Custo do ganho} = \frac{CMMS * CS}{GPD}$$

em que: CMMS = consumo médio de MS (kg); CS = custo da MS (R\$); GPD = ganho de peso diário (kg)

Flutuação do consumo de massa seca

A flutuação do CMS foi avaliada seguindo a metodologia proposta por Bevens *et al.* (2005), porém, como os dados foram coletados durante todo o período experimental, avaliou-se a flutuação no período de adaptação (14 dias), no período de terminação (70 dias) e no período total de confinamento (84 dias), que foi obtido por meio da equação:

$$6. \text{ Flutuação do CMS (\%)} = \frac{|CMSD - CMSDA|}{CMSDA} * 100$$

em que: CMS = consumo de massa seca (kg); CMSD = consumo de massa seca do dia (kg); CMSDA = consumo de massa seca do dia anterior (kg).

Comportamento Ingestivo

Os animais foram submetidos a duas observações visuais para avaliação do comportamento ingestivo, nos dias 10 e 40 do período experimental, que corresponderam ao período de adaptação e terminação, respectivamente.

Para avaliar o comportamento ingestivo, foi seguido à metodologia de Johnson e Combs (1991), observando-se os animais a cada cinco minutos, em um período de 24 horas consecutivas. Durante as observações foram coletados dados para determinar o tempo despendido em alimentação, ruminação e ócio, expressos em minutos, número de idas ao bebedouro, número de refeições por dia (quantidade de idas ao cocho), CMS (kg) e consumo de fibra em detergente neutro (FDN, kg).

Em cada período de observação foram coletadas amostras das rações fornecidas e das sobras após 24 horas, as quais foram congeladas e posteriormente, por meio de análises bromatológicas de matéria seca (Silva e Queiroz, 2002) e FDN (adaptado de Van Soest, 1991), determinarem a quantidade ingerida desses nutrientes pelos animais. No final do período experimental, as

amostras foram descongeladas, homogeneizadas, secas em estufas com ventilação forçada e moídas em moinho do tipo faca, com peneira de crivos de 1,0 mm.

Para determinar a eficiência de alimentação da massa seca; eficiência de alimentação da FDN; eficiência de ruminação da massa seca; eficiência de ruminação da FDN; tempo de alimentação por refeição e CMS por refeição, utilizaram-se as seguintes equações descritas por Carvalho *et al.* (2006).

$$7. \text{EALMS} = \frac{TAL}{CMS}$$

$$8. \text{EALFDN} = \frac{TAL}{CFDN}$$

em que: EALMS = Eficiência de alimentação da massa seca (min/kg de massa seca); TAL = Tempo despendido em alimentação (min); CMS = Consumo de massa seca no dia da observação (kg); EALFDN = Eficiência de alimentação da FDN (min/kg da FDN); CFDN = Consumo da FDN no dia da observação (kg).

$$9. \text{ERUMS} = \frac{TR}{CMS}$$

$$10. \text{ERUFDN} = \frac{TR}{CFDN}$$

em que: ERUMS = Eficiência de ruminação da massa seca (min/kg de massa seca); TR = Tempo despendido em ruminação (min); CMS = Consumo de massa seca no dia da observação (kg); ERUFDN = Eficiência de ruminação da FDN (min/kg de FDN); CFDN = Consumo de FDN no dia da observação (kg).

$$11. \text{TALREF} = \frac{TAL}{REF}$$

$$12. \text{CMSREF} = \frac{CMS}{REF}$$

em que: TALREF = Tempo de alimentação despendido em cada refeição (min); TAL = Tempo despendido em alimentação (min); REF = Número de refeições por dia; CMSREF = Consumo de massa seca por refeição (kg); CMS = Consumo de massa seca no dia da observação (kg).

Avaliação da seletividade da ração por meio da “Penn State Particle Separator (PSPS)”

Nos dias de cada observação de comportamento ingestivo (10 e 40 do período experimental) foram coletadas amostras da dieta total logo após o fornecimento e das sobras das 60 baias no dia subsequente para determinar a distribuição das partículas usando-se o PSPS (Nasco, Fort Atkinson, WI, EUA) como descrito por Heinrichs e Kononoff (1996), para analisar a extensão da seleção, expressa em forma de índice de preferência.

O PSPS é equipado com três caixas contendo ao fundo de cada uma, peneiras com crivos de diferentes diâmetros (19,0; 8,0; e 1,18 mm), dispostas umas sob as outras do maior para o menor diâmetro, e uma última caixa com fundo sólido, totalizando quatro caixas.

Colocou-se, aproximadamente, 200 g de cada amostra, da dieta fornecida e da sobra, sobre a primeira caixa (19 mm de diâmetro), a qual foi agitada, conforme descrito por Heinrichs e Kononoff (1996).

As frações da matéria natural das amostras retidas em cada peneira e na caixa sólida foram pesadas, e assim, determinou-se a distribuição das partículas das rações fornecidas conforme o tamanho. O índice de preferência foi calculada para cada porção retida em cada peneira, individualmente, por meio da equação:

$$13. \text{Índice de preferência} = \frac{\text{Ingestão atual}}{\text{Ingestão esperada}}$$

$$14. \text{Ingestão atual} = QRO * DTPDT - (QS * DTPS)$$

em que: QRO = Quantidade de ração oferecida (kg); DTPDT = Distribuição do tamanho de partículas da dieta total (%); QS = Quantidade de sobras (kg); DTPS = Distribuição do tamanho de partículas das sobras (%).

15. Ingestão esperada = DTPDT * IAMN

em que: DTPDT = Distribuição do tamanho de partícula da dieta total (base na matéria natural) (%); IAMN = Ingestão atual de matéria natural (kg).

Portanto, índices de preferências menores, maiores ou iguais a 1 indicam: maior, menor ou ausência de preferência, respectivamente. Para cada caixa foi calculado um índice independente das outras caixas (Leonardi e Armentano, 2003).

Características de carcaça

Os animais foram abatidos em frigorífico comercial com peso vivo médio final de $518,77 \pm 40,270$ kg e submetidos a avaliações de ultrassonografia no início e no final do período de confinamento, segundo a metodologia proposta por Perkins (1992), utilizando-se unidades de ultrassom veterinário “Aloka – 500 SSD”, com sonda “linear de 3,5 Mhz” e óleo vegetal como acoplante acústico para verificar o desenvolvimento do tecido adiposo subcutâneo (EGS) no músculo *Longissimus dorsi* (contra-filé) entre as 12^a e 13^a costelas e o desenvolvimento do tecido adiposo da garupa (P8) sobre o músculo *Bíceps femoris* (picanha).

Para as características de carcaça foram avaliados: rendimento de carcaça, calculado por meio do peso de carcaça quente obtido no frigorífico, dividido pelo peso vivo final, EGS inicial, EGS final, ganho diário de EGS, obtido pela diferença entre a espessura final menos a inicial divididos pelo tempo de confinamento, espessura de gordura na P8 inicial, espessura de gordura na P8 final, ganho diário de gordura na P8, calculado pela diferença entre a espessura final menos a inicial, divididos pelo tempo de confinamento, peso de carcaça quente, peso da gordura visceral expresso em quilogramas, e porcentagem de gordura visceral, obtido pela divisão do peso da gordura dos rins e pelve, dividido pelo peso de carcaça quente.

Abscessos hepáticos

Os abscessos hepáticos foram classificados de acordo com a incidência e severidade dos mesmos, tendo como base o trabalho de Brink *et al.* (1990), sendo classificados em: (0) – fígados sem abscessos; (A-) – fígados com um ou dois

pequenos abscessos (bem menores que 2,5 cm de diâmetro) ou cicatrizes de abscessos; (A) – fígados com dois a quatro abscessos ativos (pouco menores que 2,5 cm de diâmetro); (A+) – fígados com um ou mais, grandes abscessos (maiores que 2,5 cm de diâmetro) e porções do diafragma aderidos à superfície do fígado.

Incidência de rumenites e morfologia ruminal

Após o abate e evisceração dos animais, os compartimentos do rúmen e retículo foram separados e limpos com água corrente, classificando-os conforme a incidência de lesões (rumenites e paraqueratose), seguindo a metodologia descrita por Bigham e McManus (1975), com base em uma escala de 0 (sem lesões) a 10 (lesões ulcerativas por todo o rúmen). A classificação das papilas ruminais foi feita por duas pessoas treinadas, sendo o escore final a média de ambos.

Para realizar as análises morfológicas, uma amostra de 1 cm² foi coletada da região saco cranial do rúmen e imediatamente colocada em recipiente contendo solução de tampão fosfato (PBS = 0,79 g de NaCl; 0,223 g de Na₂HPO₄; 0,0524 g de NaH₂PO₄; H₂O qsp 100 mL) a 0,1 M e pH 7,4 e mantidas por um dia refrigeradas até a realização das mensurações morfológicas.

As variáveis morfológicas foram: número médio de papilas, área média de papilas, superfície absorptiva do epitélio e área de papila em porcentagem da superfície absorptiva.

O número médio de papilas em todo fragmento foi mensurado por três avaliadores e o valor final foi à média das três contagens.

A área média de papilas por cm² foi calculada de imagens digitalizadas por escâner, por meio do programa de análise de imagens UTHSCSA Image Tool (Resende Júnior *et al.* 2006). Em cada fragmento analisou-se a área média de doze papilas, que foram seccionadas aleatoriamente do fragmento e o valor final foi à área média das doze papilas.

A superfície absorptiva do epitélio e área de papila em porcentagem da superfície absorptiva foram calculadas pelas seguintes fórmulas:

$$16. SAE = 1 + NMP * AMP - (NMP * 0,002)$$

$$17. APSA = \frac{NMP * AMP}{SAE} * 100$$

em que: SAE = Superfície absorviva do epitélio (cm²); APSA = área de papila em porcentagem da superfície absorviva (%); NMP = Número médio de papilas; AMP = Área média de papilas (cm²); o número 1 representa o fragmento de 1 cm² coletado e o 0,002 a área basal estimada de cada papila ruminal (Daniel *et al.* 2006).

Histologia ruminal

Para realização das análises histológicas seguiu-se a metodologia adaptada de Odongo *et al.* (2006). As amostras foram coletadas do saco ventral do epitélio ruminal, que foram colocadas em fixador paraformoldeído tamponado 4%. Após 48 horas, os fragmentos foram removidos do fixador, em uma série crescente de alcoóis, sendo eles, álcool a 70%, 90% e a 100%.

Os materiais foram colocados em cassetes e inseridos em recipientes contendo soluções de álcool etílico absoluto I, álcool etílico absoluto II, xilol I e xilol II, com a permanência de 1 hora em cada solução. A inclusão em parafina (Histosec) I, parafina (Histosec) II, também se efetivou após a permanência de 1 hora em cada. Porém, este processo foi feito com o material fora dos cassetes, e inclusos em béqueres, em estufas com a temperatura de 65°C.

Terminada a inclusão, foram feitos cortes desse material no micrótomo, em secções primeiramente de 60 µm para que o bloco fosse desbastado. Após obter a característica desejada, as secções foram diminuídas em cortes definitivos para 8 µm.

Os cortes avaliados de boa qualidade foram colocados em “banho-maria” a 40°C, sendo retirados com lâminas próprias para microscopia e adicionando o corante azul de toluidina, a fim de avaliar a integridade de todas as estruturas necessárias para a avaliação.

A coloração das lâminas contendo os cortes foi efetuada por meio da inclusão em cubetas de vidro, passando pela bateria 1, sequencialmente, por xilol I (10 min), xilol II (10 min), álcool etílico absoluto I (05 min), álcool etílico absoluto II (05 min), álcool 90% (05 min), álcool 70% (05 min), água destilada (15 min), e pelos corantes, hematoxilina–eosina e hematoxilina de Harris (03 min), água corrente (04 min) e

eosina 5% (02 min). Sendo assim, ocorreu a bateria II seguida de álcool 95% (05 min), álcool etílico absoluto I (05 min), álcool etílico absoluto II (05 min), xilol diafanizador (05 min), xilol intermediário (05 min) e xilol de montagem (15 min).

Após os procedimentos, as lâminas foram montadas e analisadas pelo “Analisador de Imagens Leica Qwin”, do microscópio eletrônico de luz Leica.

As mensurações histológicas foram: altura, largura, área das papilas e espessura do epitélio queratinizado das papilas ruminais, escolhidas aleatoriamente de 10% da quantidade total de papilas de cada animal, sendo o valor final a média destas.

Para a determinação do índice mitótico, contou-se o núcleo de 2 mil células da camada basal do epitélio ruminal, contabilizando quantos estavam em mitose, dividindo-os pelo total de núcleos contabilizados.

Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em função do peso vivo inicial, e as baias foram consideradas as unidades experimentais para todas as variáveis deste estudo. Foram realizados testes de normalidade dos resíduos e de heterogeneidade de variâncias antes de se proceder a análise de variância, e quando necessário, os dados foram transformados.

Todos os dados do experimento foram analisados utilizando-se o PROC MIXED do SAS (2003) e submetidos à análise de regressão, com a finalidade de testar os possíveis efeitos linear, quadrático, cúbico e quártico utilizando-se a opção CONTRAST do SAS (2003), considerando o nível de 5% de significância de acordo com o modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + e_{ijk};$$

em que: Y_{ijk} = observação relativa à $k^{\text{ésima}}$ unidade experimental (animal) do $i^{\text{ésimo}}$ tratamento no $j^{\text{ésimo}}$ bloco; μ = média geral; T_i = efeito do $i^{\text{ésimo}}$ tratamento, sendo $i = 1: 0$ ppm, $2: 9$ ppm, $3: 18$ ppm, $4: 27$ ppm, $5: 36$ ppm; e_{ijk} = erro experimental referente à $k^{\text{ésima}}$ unidade experimental do $i^{\text{ésimo}}$ tratamento no $j^{\text{ésimo}}$ bloco ($0; \sigma_e^2$).

RESULTADOS

Características produtivas

Desempenho produtivo

Foram observados os efeitos das doses de MON ($P < 0,05$) para todas as características de desempenho avaliadas (Tabela 2), exceto peso vivo inicial ($P > 0,05$). Com o aumento da dosagem de MON, as variáveis peso vivo final ($P = 0,01$), GPD ($P = 0,01$), CA ($P = 0,01$) e EA ($P = 0,01$) foram afetadas de forma cúbica, sendo que animais alimentados com 9 ppm de MON apresentaram maior peso vivo final, GPD e melhores EA e CA.

Contudo, o CMS ($P = 0,01$) e CMS em porcentagem do peso vivo ($P = 0,01$) foram reduzidas de forma linear, conforme o aumento da inclusão do produto.

O aumento na dosagem de MON influenciou de forma cúbica (Tabela 2) a energia líquida de ganho ($P = 0,01$), a energia líquida de ganho esperada ($P = 0,01$) e o custo do ganho de peso vivo ($P = 0,01$), sendo que animais suplementados com 9 ppm de MON tiveram os maiores valores de energia e menor custo do ganho de peso vivo.

Tabela 2. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre o desempenho produtivo e características de carcaça de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão

L, linear; Q, quadrático; C, cúbico; CMS, consumo de massa seca; PCQ, peso de carcaça quente; ELg, energia líquida de ganho; P8, *Biceps femoris*

Variável	Monensina (ppm)						Efeito			
	0	9	18	27	36	s.e.	L	Q	C	
Peso vivo inicial, kg	403,13	402,41	402,48	402,14	402,12	9,53	0,70	0,88	0,93	
Peso vivo final, kg	527,00	537,67	516,08	503,83	509,25	11,07	0,01	0,96	0,01	
Ganho de peso diário, kg	1,44	1,57	1,32	1,18	1,25	0,07	0,01	0,92	0,01	
CMS, kg	11,23	11,38	10,89	10,62	9,73	0,33	0,01	0,11	0,98	
CMS, % do peso vivo	2,42	2,43	2,37	2,34	2,14	0,06	0,01	0,07	0,60	
Eficiência alimentar, kg/kg	0,130	0,139	0,122	0,113	0,130	0,005	0,10	0,24	0,01	
Conversão alimentar, kg/kg	7,84	7,43	8,43	9,09	7,79	0,39	0,20	0,15	0,01	
ELg, Mcal/kg	1,09	1,16	1,05	1,00	1,14	0,03	0,54	0,10	0,01	
ELg/esperada, Mcal/kg	0,94	1,00	0,90	0,86	0,98	0,02	0,54	1,00	0,01	
		<i>Desempenho produtivo</i>								
Rendimento de carcaça, %	54,28	51,51	53,58	53,95	51,98	0,78	0,34	0,97	0,03	
PCQ, kg	286,08	276,58	276,42	271,42	264,42	6,58	0,01	0,97	0,48	
EGS inicial, mm	2,42	2,49	2,33	2,45	2,40	0,08	0,75	0,95	0,79	
EGS Fina, mm	4,77	5,32	5,11	4,82	4,72	0,20	0,35	0,07	0,14	
Ganho diário de EGS, mm	0,022	0,021	0,026	0,022	0,022	0,001	0,38	0,07	0,20	
P8 ² inicial, mm	2,89	2,95	2,84	3,07	2,94	0,10	0,53	0,89	0,58	
P8 final, mm	5,73	6,17	6,17	5,84	5,63	0,26	0,54	0,10	0,50	
Ganho diário de P8, mm	0,028	0,029	0,031	0,026	0,026	0,002	0,32	0,28	0,49	
Gordura visceral, kg	2,05	2,13	2,17	1,78	1,86	0,16	0,16	0,47	0,32	
Gordura visceral, % do PCQ	0,72	0,77	0,79	0,66	0,69	0,05	0,42	0,37	0,29	
		<i>Características de carcaça</i>								

Flutuação do consumo de massa seca

Não foi observado efeito da dosagem de MON sobre a flutuação do CMS (Tabela 3) na fase de terminação e no período total de confinamento ($P > 0,05$).

Entretanto, se considerado somente o período de adaptação, o aumento da dosagem de MON, provocou resposta quadrática ($P = 0,02$) sobre a flutuação de CMS. Porém, esta flutuação aumentou de forma significativa em animais que foram suplementados com 36 ppm de MON.

Comportamento ingestivo

Em relação à observação do comportamento ingestivo (Tabela 4) no período da adaptação, não foi constatada diferença ($P > 0,05$) na maioria das variáveis dependentes avaliadas. Porém, conforme aumentou-se a dosagem do ionóforo, houve uma redução de forma linear no tempo em ruminação ($P = 0,01$). Em contrapartida, com excessão dos animais suplementados com 9 ppm, a MON tornou os animais menos eficientes na alimentação da massa seca ($P = 0,04$) e do FDN ($P = 0,02$), sendo afetados de forma linear.

Contudo, na observação do período da terminação (Tabela 4) não foi constatada diferença para tempo em ócio, idas ao bebedouro, eficiência de ruminação da massa seca e CMS por refeição ($P > 0,05$). A MON reduziu linearmente o CMS ($P = 0,01$), aumentando de forma cúbica o tempo em ruminação ($P = 0,03$). Os animais alimentados com 9 ppm de MON tiveram maior tempo em ruminação e foram menos ao cocho ($P = 0,04$), afetados de forma cúbica, e passaram menos tempo em alimentação ($P = 0,02$) e apresentaram o menor tempo de alimentação por refeição ($P = 0,05$), sendo afetados de forma quadrática.

Os animais não suplementados com MON consumiram mais FDN ($P = 0,01$), afetados de forma cúbica, e foram melhores na eficiência de ruminação o FDN ($P = 0,01$) afetados de forma quadrática. Os animais alimentados com 9 ppm, por sua vez, foram melhores na eficiência de alimentação da massa seca ($P = 0,01$) e FDN ($P = 0,01$), afetados de forma quadrática e cúbica, respectivamente.

Seletividade da ração por meio da Penn State Particle Separator (PSPS)

Na fase de adaptação, não foi constatado efeito do aditivo ($P > 0,05$) para a peneira de 19 mm. Porém, houve maior preferência dos animais não suplementados com o aditivo, e os que foram alimentados com 27 e 36 ppm de MON pelas partículas presentes na peneira de 8 mm ($P = 0,01$), comportando-se de forma linear.

Entretanto, todos os tratamentos preferiram menos partículas na peneira de 1,18 mm ($P = 0,02$), exceto os alimentados com 36 ppm, que preferiram mais partículas maiores nesta peneira, afetada de forma quadrática. A MON proporcionou menor preferência das partículas menores do que 1,18 mm, na caixa ($P = 0,03$), sendo afetada de forma quadrática. Não foi observado efeito da dosagem do aditivo sobre a preferência das partículas na fase de terminação ($P > 0,05$).

Não foi observado efeito da dosagem do aditivo sobre a seletividade das partículas (Tabela 5) na fase de terminação ($P > 0,05$).

Características de carcaça

Em termos de características de carcaça (Tabela 2), não foi encontrado efeito da dosagem do ionóforo ($P > 0,05$) para a maioria das variáveis dependentes analisadas, exceto para o rendimento de carcaça ($P = 0,03$) e peso de carcaça quente ($P = 0,01$), que foram menores nos animais suplementados com MON comparado aos animais não suplementados com o aditivo, sendo afetados de forma linear e cúbica, respectivamente.

Saúde ruminal

Abscessos hepáticos

Com respeito à incidência de abscessos hepáticos, não se aplicou nenhum teste estatístico devido a todos os animais não apresentarem nenhum abscesso, exceto os alimentados com 9 ppm de MON, que foram observados dois animais com o fígado classificado em A+.

Morfologia ruminal e incidência de rumenites

Em relação à morfologia ruminal (Tabela 6), não foi constatado efeito da dosagem de MON para as variáveis: número médio de papilas, área média de

papilas e índice de rumenites ($P > 0,05$). Contudo, a superfície absorptiva por cm^2 do epitélio ($P = 0,03$) foi afetada de forma cúbica, sendo a dosagem de 9 ppm de MON que apresentou a maior superfície absorptiva.

Histologia ruminal

Em relação à histologia ruminal (Tabela 7), foi constatado efeito quártico ($P = 0,01$) para a variável altura de papilas. À medida que aumentou-se a dosagem em até 27 ppm de MON, houve um aumento na altura das papilas. Porém, o fornecimento de 36 ppm provocou uma redução drástica desta variável.

A suplementação com o MON reduziu de forma cúbica ($P = 0,05$) a largura de papilas. A área de papilas também foi afetada de forma cúbica ($P = 0,01$). Entretanto, os animais alimentados com 27 ppm, foram os únicos que apresentaram a área de papilas superior aos animais que não foram suplementados com MON.

Não foi observado efeito do ionóforo para espessura do epitélio queratinizado ($P > 0,05$). Contudo, a suplementação com MON aumentou o índice mitótico, sendo afetados de forma cúbica ($P = 0,07$). E os animais alimentados com 9 ppm, por sua vez, foram os que apresentaram o maior índice mitótico.

Tabela 3. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre a flutuação do consumo de massa seca de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão

L, linear; Q, quadrático; C, cúbico

Variável	Dias	Monensina (ppm)						Efeito		
		0	9	18	27	36	e.p.	L	Q	C
Adaptação, %	14	403,13	402,41	402,48	402,14	402,12	9,53	0,70	0,88	0,93
Terminação, %	70	527,00	537,67	516,08	503,83	509,25	11,07	0,01	0,96	0,01
Período total, %	84	1,44	1,57	1,32	1,18	1,25	0,07	0,01	0,92	0,01

Tabela 4. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre o comportamento ingestivo (dias 10 e 40 do período experimental) de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão

L, linear; Q, quadrático; C, cúbico; CMS, consumo de massa seca; TAREF, tempo de alimentação por refeição; FDN, fibra em detergente neutro; EA, eficiência de alimentação; MS, massa seca; ER, eficiência de ruminação

Variável	Monensina (ppm)							Efeito		
	0	9	18	27	36	e.p.	L	Q	C	
		<i>Período de adaptação</i>								
Tempo em ócio, min	804,17	815,83	814,17	797,92	865,42	24,90	0,16	0,27	0,19	
Tempo em ruminação, min	389,17	381,25	351,25	345,83	311,25	17,64	0,01	0,66	0,90	
Tempo de alimentação, min	246,25	242,92	274,58	296,25	263,33	18,88	0,11	0,29	0,11	
Idas ao cocho, n	14,42	14,58	15,83	17,08	15,75	1,21	0,18	0,51	0,34	
CMS, kg	12,25	12,70	12,00	11,90	11,13	0,67	0,26	0,54	0,78	
TAREF, min	18,02	17,15	17,54	17,87	18,09	1,25	0,83	0,64	0,72	
Consumo de FDN, kg	5,16	5,09	5,29	5,00	4,51	0,28	0,10	0,19	0,58	
EA da MS, min/kg da MS	21,48	18,96	24,36	25,24	25,55	2,07	0,04	0,88	0,14	
EA da FDN, min/kg da MS	51,88	47,57	53,77	61,16	62,39	5,39	0,02	0,46	0,24	
ER da MS, min/kg da MS	34,27	30,38	30,73	29,21	29,30	2,33	0,23	0,56	0,66	
ER da FDN, min/kg da MS	72,60	75,79	68,21	70,25	72,28	4,66	0,63	0,63	0,40	
CMS por refeição, kg	0,89	0,92	0,81	0,75	0,81	0,08	0,18	0,65	0,28	
		<i>Período de terminação</i>								
Tempo em ócio, min	1004,17	963,33	1009,17	984,58	987,08	19,97	0,83	0,82	0,33	
Tempo em ruminação, min	270,00	348,75	293,75	304,17	284,42	16,13	0,78	0,02	0,03	
Tempo de alimentação, min	165,83	127,92	137,08	151,25	167,08	10,98	0,53	0,02	0,15	
Idas ao cocho, n	12,75	10,33	11,08	13,17	11,67	0,97	0,85	0,42	0,04	
CMS, kg	13,00	12,60	11,74	11,91	10,75	0,47	0,01	0,13	0,98	
TAREF, min	13,57	12,44	12,90	12,46	14,49	0,73	0,43	0,05	0,74	
Consumo de FDN, kg	3,47	3,26	3,24	2,60	3,35	0,12	0,01	0,01	0,01	
EA da MS, min/kg da MS	13,87	10,19	11,88	12,93	15,84	0,92	0,10	0,01	0,24	
EA da FDN, min/kg da MS	48,45	39,40	43,10	58,90	50,81	3,54	0,09	0,35	0,01	
ER da MS, min/kg da MS	22,51	27,83	25,31	26,06	26,98	1,42	0,10	0,29	0,07	
ER da FDN, min/kg da MS	78,15	107,99	90,95	119,01	85,83	5,11	0,07	0,01	0,52	
CMS por refeição, kg	1,00	1,24	1,16	1,07	1,03	0,10	0,71	0,13	0,31	

Tabela 5. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre a seletividade de partículas por meio da “Penn State Particle Separator” de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão

L, linear; Q, quadrático; C, cúbico

Variável	Monensina (ppm)						Efeito			
	0	9	18	27	36	e.p.	L	Q	C	
		<i>Período de adaptação</i>								
Peneira 1 (19 mm)	0,99	0,96	0,95	0,93	1,02	0,11	0,69	0,06	0,42	
Peneira 2 (8 mm)	0,99	1,01	1,01	0,94	0,93	0,02	0,01	0,13	0,18	
Peneira 3 (1,18 mm)	1,01	1,02	1,06	1,04	0,99	0,02	0,99	0,02	0,38	
Peneira 4 (Caixa)	0,94	1,02	1,02	1,07	1,02	0,02	0,02	0,03	0,76	
		<i>Período de terminação</i>								
Peneira 1 (19 mm)	1,06	1,09	1,08	1,06	1,10	0,03	0,69	0,98	0,35	
Peneira 2 (8 mm)	1,07	1,04	1,03	1,03	1,05	0,01	0,40	0,11	0,98	
Peneira 3 (1,18 mm)	1,02	1,02	1,01	1,02	1,02	0,01	0,20	0,37	0,96	
Peneira 4 (Caixa)	0,97	0,96	0,96	0,97	0,96	0,01	0,63	0,74	0,34	

Tabela 6. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre as características morfológicas do epitélio ruminal de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão

L, linear; Q, quadrático; C, cúbico; SA, superfície absorptiva

Variável	Monensina (ppm)						Efeito		
	0	9	18	27	36	e.p.	L	Q	C
Número médio de papila, n	45,53	47,54	45,18	43,99	49,66	3,25	0,66	0,49	0,28
Área média de papilas, cm ²	0,64	0,69	0,62	0,60	0,64	0,05	0,61	0,90	0,23
SA/ cm ² do epitélio, cm ²	27,72	34,65	28,55	26,82	32,87	3,05	0,80	0,82	0,03
Área de papila, % da SA	96,56	97,07	96,44	96,34	97,00	0,32	0,89	0,48	0,06
Índice de rumenites	0,75	1,00	0,83	0,83	0,83	0,16	1,00	0,59	0,42

Tabela 7. Efeito de diferentes doses de monensina sódica sobre as características histológicas do epitélio ruminal de bovinos Nelore confinados consumindo dietas de alto grão

L, linear; Q, quadrático; C, cúbico; ASP, área de superfície de papilas; EEQ, Espessura do epitélio queratinizado

Variável	Monensina (ppm)						Efeito		
	0	9	18	27	36	e.p.	L	Q	C
Altura de papilas, mm	4,98	5,42	5,04	6,21	4,71	0,35	0,81	0,05	0,07
Largura de papilas, mm	0,46	0,42	0,44	0,45	0,38	0,02	0,07	0,38	0,05
ASP, cm ²	2,43	2,12	2,25	2,68	1,72	0,20	0,18	0,18	0,01
EEQ, µm	18,96	21,19	19,97	20,01	19,96	0,70	0,70	0,19	0,11
Índice mitótico, %	2,57	3,15	2,92	2,71	3,11	0,24	0,39	0,71	0,07
Índice mitótico, n	51,42	62,92	58,42	54,25	62,25	4,75	0,39	0,71	0,07

DISCUSSÃO

Com relação às características produtivas, no que diz respeito ao desempenho produtivo, diversos autores relataram redução no CMS com a utilização de MON (Tedeschi *et al.* 2003; Duffield *et al.* 2012). Oliveira *et al.* (2005) observaram que a suplementação de 28 ppm de MON reduziu o CMS em quilos em 10,64% e o CMS em porcentagem do peso vivo em 11,01% em novilhos holandeses fistulados no rúmen.

Neste estudo, o CMS não foi reduzido nos animais alimentados com 9 ppm de MON (Tabela 2), o que pode explicar, em parte, o maior GPD e a melhor EA dos animais alimentados com 9 ppm de MON. Da mesma forma, Barducci *et al.* (2013) também não observaram redução no CMS com o uso de 30 ppm de MON em animais Brangus confinados, relatando aumento no GPD, como reflexo da melhora na CA.

Em um dos primeiros experimentos avaliando dosagens de MON, Raun *et al.* (1976) encontraram maior GPD (1,01 kg) com a dose de 11 ppm e a melhor CA (8,66 kg/kg) com a dose de 33 ppm. Em partes, estes resultados são parecidos com os encontrados no presente estudo. A dosagem de 9 ppm foi a que mais se aproximou de 11 ppm, sendo os animais que apresentaram maior GPD. Entretanto, a dosagem mais próxima de 33 ppm foi a de 36 ppm, porém, não foram os animais que tiveram a melhor EA.

Duffield *et al.* (2012), realizaram uma meta-análise sobre o impacto do uso de MON em dietas de crescimento e terminação de bovinos confinados, reunindo 40 artigos e 24 relatórios técnicos envolvendo o fornecimento médio de 28,1 ppm de MON, o que resultou em aumento de 2,5% no GPD, melhora de 6,4% na EA e redução de 3% no CMS. Neste estudo, os animais suplementados com 9 ppm, tiveram maior GPD (8,28%), EA (6,47%), quando comparados aos animais que não receberam MON (Tabela 2).

A melhora no desempenho produtivo de animais alimentados com 9 ppm de MON pode ser explicada, em parte, pelos seguintes fatos: maior CMS; redução da produção de metano, que ocorre devido à redução na população ruminal de bactérias Gram-positivas, o que resulta em menores perdas de energia (Ellis *et al.* 2008); diminuição da desaminação (Russel e Martin, 1984); diminuição da produção ruminal de acetato e aumento de propionato (Oliveira *et al.* 2007), responsável por promover o crescimento de papilas ruminais metabolicamente ativas (Costa *et al.*

2008), o que contribuiu para a maior superfície absorviva/cm² do epitélio ruminal (Tabela 6) e maior índice mitótico (Tabela 7).

Com base neste fato, as bactérias fermentadoras de carboidratos não estruturais, mais especificamente as amilolíticas, podem ter se desenvolvido melhor nesta dosagem, e com isso terem colaborado para a maior produção de propionato no rúmen.

Em relação à morfologia e histologia do epitélio ruminal, apesar da dosagem de 27 ppm ter apresentado a maior altura, a segunda maior largura e a maior área de superfície de papilas, esta, foi a dosagem com a menor superfície absorviva/cm² do epitélio ruminal (Tabela 6) e menor índice mitótico (Tabela 7), indicando uma menor área de absorção dos ácidos graxos de cadeia curta. Por outro lado, a dosagem de 9 ppm que apresentou altura, largura e área de superfície de papilas medianas, foi a dosagem com a maior superfície absorviva do epitélio ruminal e maior índice mitótico, indicando que houve uma maior área para absorção de ácidos graxos de cadeia curta.

O número médio de papilas não foi alterado pela MON, o que leva a inferência de que a superfície absorviva do epitélio ruminal aumenta pelo maior índice mitótico. Segundo Resende Júnior *et al.* (2006) embora mesmo que não existam evidências de que um epitélio ruminal com elevado índice mitótico, apresente também, alta atividade celular metabólica e alta capacidade de absorção de ácidos graxos de cadeia curta, o índice mitótico é o melhor indicador das variáveis histológicas.

O fornecimento de MON, não afetou a incidência de rumenites e a espessura do epitélio queratinizado, e um dos fatores responsáveis por este resultado foi o período de adaptação de 14 dias e o protocolo do tipo escada. Parra *et al.* (2011) avaliando os efeitos dos protocolos do tipo escada e restrição por 14 ou 21 dias sobre a saúde ruminal de bovinos Nelore confinados, observaram interação entre os efeitos de protocolo e fase de mensuração para o escore de rumenites, em que animais adaptados em protocolo de escadas ao final da fase de adaptação apresentaram menor incidência de lesões (0,33) do que os adaptados por restrição (0,99).

Da mesma forma, animais adaptados por protocolo de escadas apresentaram maior número de papilas (53,11) e maior superfície absorviva (24,98 cm²) que aqueles adaptados por protocolo de restrição (48,67 e 20,52 cm²).

Um fator importante que deve ser considerado é que nem toda superfície absorviva do epitélio ruminal fica em contato constante com a digesta. A maior parte do saco dorsal do rúmen é ocupada por gás e o pouco contato com o fluido ruminal ocorre devido à motilidade do rúmen.

Daniel *et al.* (2006) relataram ausência de papilas desenvolvidas em algumas regiões do saco cego, cego dorsal e cego ventral, demonstrando que em alguns pontos dessas regiões anatômicas não ocorre o contato constante com o fluido ruminal, provavelmente devido ao posicionamento da cavidade abdominal permitir o acúmulo de gases.

Os autores observaram ainda que os sacos ventral e cranial apresentam as maiores áreas de superfície absorviva, este fato ocorre provavelmente devido ao maior desenvolvimento epitelial estimulado pelo propionato, presentes no fluido ruminal em contato permanente com as regiões mais ventrais do rúmen. Beharka *et al.* (1998) constataram menor influência, causada pela dieta, nas características morfológicas das papilas presentes no saco cranial do que nas papilas presentes no saco ventral e dorsal.

Em relação à flutuação no CMS, um dos motivos atribuídos para a maior flutuação dos animais alimentados com 36 ppm de MON no período de adaptação foi o menor tempo em ruminação, e apesar da maior preferência de partículas maiores do que 1,18 mm e menores do que 19 mm (Tabela 5), o que aumentaria o estímulo no epitélio ruminal, estes animais apresentaram as piores eficiências de alimentação da MS e do FDN, diminuindo o fator de efetividade da fibra, fazendo com que a taxa de passagem da digesta ruminal fosse diminuída, reduzindo assim o estímulo do epitélio ruminal e conseqüentemente o CMS.

Porém, com a redução da taxa de passagem, ocorre um aumento na taxa de degradação, fazendo com que a produção de ácidos no meio ruminal seja aumentada (Aschenbach *et al.* 2011), contribuindo para a uma maior flutuação do CMS e do pH ruminal (Schwartzkopf-Genswein *et al.* 2004; Blanch *et al.* 2009).

Schwartzkopf-Genswein *et al.* (2004) inferiram que flutuações no CMS iguais ou menores do que 10% provavelmente não acarretariam em nenhuma consequência negativa para o desempenho de bovinos confinados. Contudo, todos os tratamentos estudados apresentaram variações na flutuação do consumo superiores a 10%. Galyean *et al.* (1992) observaram que flutuações de 10% na dieta oferecida aos animais reduziram em 6% o GPD e em 7% a EA.

A flutuação no CMS acima dos 10% pode ter ocorrido devido ao manejo de sobras ter sido de 7%, o que poderia favorecer maiores flutuações quando comparado ao manejo de cocho limpo, desde que bem feito (Erickson *et al.* 2003). Outra hipótese seria devido às baias do experimento serem individuais e mais sensíveis a variações no consumo comparado a baias coletivas (Duffield *et al.* 2012).

Em relação ao comportamento ingestivo na fase de terminação, a MON aumentou o tempo em ruminação. Entretanto, Deswysen *et al.* (1987), observaram redução de 3,96% no tempo em ruminação de novilhas Angus suplementadas com 100 mg/dia de MON.

Os animais suplementados com 9 ppm de MON apresentaram maior tempo em ruminação, menor tempo de alimentação, menor tempo de alimentação por refeição e menos idas ao cocho (Tabela 4). Apesar de não ser observado efeito da MON sobre o consumo de massa seca por refeição, esses animais, tiveram um maior preenchimento do rúmen provocado pela melhor eficiência da alimentação da massa seca e FDN, indicando maior estímulo no epitélio ruminal. Em consequência a esse fato, houve um aumento na taxa de passagem, promovendo aumento do CMS.

A segunda pior eficiência da ruminação do FDN pode ser devido à maior produção de ácidos, ocasionada pelo maior consumo de alimento em menor tempo, podendo provocar a acidose subaguda, desencadeada pelo baixo pH ruminal o que provoca a morte de bactérias celulolíticas, contribuindo assim para a menor digestibilidade (Yang *et al.* 2002) e maior tempo de permanência do FDN no ambiente ruminal.

No que diz respeito às características de carcaça, os animais suplementados com MON apresentaram menor rendimento e peso de carcaça quente do que os animais que não foram suplementados, contrariando muitos estudos que não encontraram efeito do fornecimento de MON sobre as características de carcaça (Erickson *et al.* 2003; Meyer *et al.* 2009; Felix e Loerch, 2011).

Entretanto, os animais suplementados com 9 ppm de MON apresentaram o menor rendimento de carcaça. Isso pode ser devido ao tratamento ser o único que apresentou abscessos hepáticos, dois no total, classificados em A+, o mais grave, mesmo não se observando efeito da suplementação ou não de MON na incidência de rumenites.

Uma possível explicação para o menor rendimento de carcaça deste tratamento pode ser a de Nagaraja e Chengappa (1998) que associaram o fato de que o principal efeito econômico dos abscessos hepáticos seja a diminuição no rendimento de carcaça, devido a possível adesão do abscesso ao diafragma e a órgãos circundantes, e em alguns casos a condenação de todas as vísceras.

Os abscessos hepáticos ocorrem esporadicamente nos ruminantes, especialmente nos animais alimentados com dietas ricas em carboidratos não estruturais, podendo acometer todas as idades, incluindo o gado leiteiro, e seu maior impacto econômico ocorre nos bovinos de corte confinados, tornando-se a principal causa de condenação de fígado nos frigoríficos americanos (Nagaraja e Chengappa, 1998).

No entanto, os animais que consumiram MON, apresentaram reduzido rendimento de carcaça, o que precisa ser mais estudado, pois as razões pelas quais este resultado foi obtido ainda não estão bem claras.

CONCLUSÕES

A suplementação com MON afetou o desempenho produtivo, o comportamento ingestivo, a saúde ruminal e as características de carcaça em bovinos Nelore terminados em confinamento.

Com base nos resultados deste estudo, a dosagem de 9 ppm foi considerada como a opção mais viável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anualpec (2013) 'Anuário da pecuária brasileira' (FNP Consultoria & Comércio: São Paulo).
- Aschenbach JR, Penner GB, Stumpff F, Gäbel G (2011) Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of Animal Science* **89**, 1092—1107.
- Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne - ABIEC (2014) Estatísticas: Exportações brasileiras de carne bovina 2013 [online]. Disponível em: http://www.abiec.com.br/download/Exportacoes_jan_nov2013.pdf (verificado 14 de janeiro de 2014).

- Barducci RS, Sarti LM, Millen DD, Pacheco RDL, Baldin SR, Parra FS, Putarov TC, Martins CL, Arrigoni MDB (2013) Aditivos alimentares na dieta de bovinos confinados. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **65**, 1593—1602.
- Beharka AA, Nagaraja TG, Morrill JL, Kennedy GA, Klemm RD (1998) Effects of form of the diet on anatomical, microbial, and fermentative development of the rumen of neonatal calves. *Journal of Dairy Science* **81**, 1946—1955.
- Bevans DW, Beauchemin KA, Schwartzkopf-Genswein KS, McKinnon JJ, McAllister TA (2005) Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. *Journal of Animal Science* **83**, 1116—1132.
- Bigham ML, McManus WR (1975) Whole Wheat Grain Feeding of Lambs. Effects of Roughage and Wheat Grain Mixtures. *Australian Journal of Agricultural Research* **26**, 1053—1062.
- Blanch M, Calsamiglia S, DiLorenzo N, DiCostanzo A, Muetzel S, Wallace RJ (2009) Physiological changes in rumen fermentation during acidosis induction and its control using a multivalent polyclonal antibody preparation in heifers. *Journal of Animal Science* **87**, 1722—1730.
- Brink DR, Lowry SR, Stock RA, Parrot JC (1990) Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* **68**, 1201—1207.
- Carvalho S, Rodrigues MT, Branco MT, Rodrigues CAF (2006) Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. *Revista Brasileira de Zootecnia* **35**, 562—568.
- Costa SF, Pereira MN, Melo LQ, Resende Júnior JC, Chaves ML (2008) Alterações morfológicas induzidas por butirato, propionato e lactato sobre a mucosa ruminal e a epiderme de bezerras – I Aspectos histológicos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* **60**, 1—9.
- Daniel JLP, Resende Júnior JC, Cruz FJ (2006) Participação do ruminoretículo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* **43**, 688—694.
- Deswysen AG, Ellis WC, Pond KR, Jenkins WL, Connelly J (1987) Effects of monensin on voluntary intake, eating and ruminating behavior and ruminal motility in heifers fed corn silage. *Journal of Animal Science* **64**, 827—834.
- Duffield TF, Merrill JK, Bagg RN (2012) Meta-analysis of the effects of monensin in beef cattle on feed efficiency, body weight gain, and dry matter intake. *Journal of Animal Science* **90**, 4583—4592.
- Ellis JL, Dijkstra J, Bannink A, Kebreab E, Hook SE, Archibeque S, France J (2012) Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain-fed beef cattle. *Journal of Animal Science* **90**, 2717—2726.
- Ellis, JL, Dijkstra J, Kebreab E, Bannink A, Odongo NE, McBride BW, France J (2008) Aspects of rumen microbiology central to mechanistic modeling of methane production in cattle. *Journal of Agricultural Science* **146**, 213—233.

- Erickson GE, Milton CT, Fanning KC, Cooper RJ, Swingle RS, Parrott JC, Vogel G, Klopfenstein TJ, (2003) Interaction between bunk management and monensin concentration on finishing performance, feeding behavior, and ruminal metabolism during an acidosis challenge with feedlot cattle. *Journal of Animal Science* **81**, 2869—2879.
- Felix TL, Loerch SC (2011) Effects of haylage and monensin supplementation on performance, carcass characteristics, and ruminal metabolism of feedlot cattle fed diets containing 60% dried distillers grains. *Journal of Animal Science* **89**, 2614—2623.
- Fox DG, Tedeschi LO, Tylutki TP, Russell JB, Van Amburgh ME, Chase LE, Pell AN, Overton TR (2004) The cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology* **112**, 29—78.
- Galyean ML, Malcolm KJ, Duff GC (1992) Performance of feedlot steers fed diets containing laidlomycin propionate or monensin plus tylosin, and effects of laidlomycin propionate concentration on intake patterns and ruminal fermentation in beef steers during adaptation to a high concentrate diet. *Journal of Animal Science* **70**, 2950—2958.
- Heinrichs J, Kononoff P (1996) In evaluating particle size of forages and TMRs using the Penn State Particle Size Separator. *Dairy and Animal Science*, 1—14.
- Johnson TR, Combs DK (1991) Effects of prepartum diet, inert rumen bulk, and dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* **74**, 933—944.
- Leonardi C, Armentano LE (2003) Effect of quantity, quality, and length of alfalfa hay on selective consumption by dairy cows. *Journal of Dairy Science* **86**, 557—564.
- Lofgreen GP, Garret WN (1968) A system for expressing net energy requirements and feed values for growing and finishing beef cattle. *Journal of Animal Science* **27**, 793—806.
- Meyer NF, Erickson GE, Klopfenstein TJ, Greenquist MA, Luebke MK, Williams P, Engstrom MA (2009) Effect of essential oils, tylosin, and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. *Journal of Animal Science* **87**, 2346—2354.
- Millen DD, Pacheco RDL, Arrigoni MDB, Galyean ML, Vasconcelos JTA (2009) Snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. *Journal of Animal Science* **87**, 3427—3439.
- Nagaraja TG, Chengappa MM (1998) Liver abscesses in feedlot cattle: a review. *Journal of Animal Science* **76**, 287-298.
- Nagaraja TG, Narayanan SK, Stewart GC, Chengappa MM (2005) *Fusobacterium necrophorum* infections in animals: Pathogenesis and pathogenic mechanisms. *Anaerobe* **11**, 239—246.
- National Research Council - NRC. 1984. 'Nutrient requirements of beef cattle.' (NRC Publishing: Washington)

- Odongo NE, AlZahal O, Lindinger MI, Duffield TF, Valdes EV, Terrel SP, McBride BW (2006) Effects of mild heat stress and grain challenge on acid-base balance and rumen tissue histology in lambs. *Journal of Animal Science* **84**, 447—455.
- Oliveira MVM, Lana RL, Eifert EC, Luz DF, Pereira JC, Pérez JRO, Vargas Junior FM (2007) Influência da monensina sódica no consumo e na digestibilidade de dietas com diferentes teores de proteína para ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia* **36**, 643—651.
- Oliveira MVM, Lana RP, Jham GN, Pereira JC, Pérez JRO, Valadares Filho SC (2005) Influência da monensina no consumo e na fermentação ruminal em bovinos recebendo dietas com teores baixo e alto de proteína. *Revista Brasileira de Zootecnia* **34**, 1763—1774.
- Parra FS, Ronchesel JR, Arrigoni MDB, Martins CL, Millen DD, Pacheco RDL, Barducci RS, Sarti LMN, Vieira Júnior LC, Franzói MCS, Espigolan R, Silva JMP, Setten D, Luiz FP, Chacon Filho EA (2011) Effects of restricted versus conventional dietary adaptation over periods of 14 and 21 days on rumen papillae of feedlot Nelore cattle. *Journal of Animal Science* **89** (E-suppl. 1) 616.
- Penner GB, Steele MA, Aschenbach JR, McBride BW (2011) Ruminant Nutrition Symposium: Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets. *Journal of Animal Science* **89**, 1108—1119.
- Perkins TL, Green RD, Hamlin KE (1992) Evaluation of ultrasonic estimates of carcass fat thickness and longissimus muscle area in beef cattle. *Journal of Animal Science* **70**, 1002—1010.
- Raun AP, Cooley CO, Potter EL, Rathmacher RP (1976) Effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* **43**, 670—677.
- Resende Júnior JC, Alonso LS, Pereira MN, Magallanes MGR, Duboc MG, Oliveira EC, Melo LQ (2006) Effect of the feeding pattern on rumen wall morphology of cows and sheep. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science* **43**, 526—536.
- Russel JB, Martin SA (1984) Effects of various methane inhibitors on the fermentation of amino acids by mixed rumen microorganisms in vitro. *Journal of Animal Science* **59**, 1329—1338.
- SAS Institute (2003) 'SAS/STAT user's guide. Release 9.1.' (SAS Institute: Cary, NC).
- Schwaiger T, Beauchemin KA, Penner GB (2013) Duration of time that beef cattle are fed a high-grain diet affects the recovery from a bout of ruminal acidosis: Short-chain fatty acid and lactate absorption, saliva production, and blood metabolites. *Journal of Animal Science* **91**, 5743—5753.
- Schwartzkopf-Genswein KS, Beauchemin KA, Mcallister, TA, Gibb DJ, Streeter M (2004) Effect of feed delivery fluctuations and feeding time on ruminal acidosis, growth performance, and feeding behavior of feedlot cattle. *Journal of Animal Science* **82**, 3357—3365.
- Silva DJ, Queiroz AC (2002) 'Análise de alimentos. Métodos químicos e bioquímicos. (3rd)' (Universidade Federal de Viçosa: Viçosa, MG).

- Tedeschi LO, Fox DG, Tylutki TP (2003) Potential environmental benefits of ionophores in ruminant diets. *Journal of Environmental Quality* **32**, 1591—1602.
- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) 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 Dairy Science* **74**, 3583—97.
- Vasconcelos JT, Galyean ML (2007) Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. *Journal of Animal Science* **85**, 2772—2781.
- Yang WZ, Beauchemin KA, Vedres DD (2002) Effects of pH and fibrolytic enzymes on digestibility, bacterial protein synthesis, and fermentation in continuous culture. *Animal Feed Science and Technology* **102**, 137—150.
- Zinn RA, Shen Y (1998) An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. *Journal of Animal Science* **76**, 1280—1289.

CAPÍTULO 3 – IMPLICAÇÕES

A utilização do Rumenpac surge como alternativa ao uso de produtos já consagrados no mercado. Contudo, os níveis de inclusão devem ser respeitados, uma vez que, em determinadas dosagens, o desempenho de bovinos Nelore confinados pode ser prejudicado.

Em estudos futuros envolvendo delineamentos experimentais similares a este, a utilização de baias coletivas, poderia melhorar os índices produtivos e simularia, de melhor maneira, as condições encontradas nos confinamentos comerciais.

A utilização de sistemas mais modernos para avaliar o comportamento ingestivos com transmissão via rádio (“American Calan Gate”) ou dispositivos intraruminais (“Boluses”) poderia ser utilizada para aumentar a acurácia da coleta e a quantidade de dados avaliados, visto que a maioria dos experimentos avaliando parâmetros ruminais envolvem animais fistulados, que estão em condições diferentes dos que são avaliados em desempenho.

Atenção especial deveria ser dada à forma de avaliação das características de carcaça, em particular o rendimento de carcaça e peso de carcaça quente, que foram obtidos em frigorífico comercial. Porém, o transporte, o manejo pré-abate e a evisceração, ambos de responsabilidade da indústria, estão diretamente relacionados a estas variáveis, podendo influenciar significativamente os resultados.

No entanto, necessita-se de mais estudos nas condições brasileiras, e em diferentes linhas de pesquisa, em relação à utilização desta MON, já que a maioria dos experimentos avaliando dosagens foram realizados com bovinos de genótipo Europeu e em diferentes condições ambientais.

A suplementação em conjunto com outros ionóforos, torna-se um novo campo de pesquisa com esse novo produto comercial.