RENAN GOMES DA SILVA

**Efeito da adição de narsina na mistura mineral sobre o desempenho de
novilhas Nelore**

Pirassununga – SP

2016

RENAN GOMES DA SILVA

Efeito da adição de narasina na mistura mineral sobre o desempenho de novilhas Nelore

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

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires

De acordo: _____

Orientador(a)

Pirassununga – SP

2016

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

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

T.3372
FMVZ

Silva, Renan Gomes da
Efeito da adição de narasina na mistura mineral sobre o desempenho de novilhas
Nelore / Renan Gomes da Silva. -- 2016.
87 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga,
2016.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires.

1. Narasina. 2. Ionóforo. 3. Ingestão de mineral. 4. Variação de consumo. I. Título.

CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado "Uso de mistura mineral como veículo para aditivos ionóforos na alimentação de bovinos", protocolado sob o CEUA nº 2517310316, sob a responsabilidade de **Alexandre Vaz Pires e equipe; Renan Gomes da Silva** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovado** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 13/07/2016.

We certify that the proposal "Use of mineral mixture as a vehicle for ionophores additives in cattle feed", utilizing 90 Bovines (90 females), protocol number CEUA 2517310316, under the responsibility of **Alexandre Vaz Pires and team; Renan Gomes da Silva** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the University of São Paulo (CEUA/FMVZ) in the meeting of 07/13/2016.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **04/2016 a 06/2016**

Área: **Nutrição E Produção Animal**

Procedência: **Animais de proprietários**

Espécie: **Bovinos**

sexo: **Fêmeas**

idade: **6 a 13 meses**

N: **90**

Linhagem: **Nelore**

Peso: **180 a 250 kg**

Resumo: O uso de aditivos na alimentação de ruminantes é uma ferramenta adicional que pode melhorar a conversão de forragens em proteína animal. O uso de ionóforos em misturas minerais é uma alternativa econômica bastante aceita pelos pecuaristas, por apresentar baixo custo e a necessidade de suprir as exigências minerais dos animais em pastagens tropicais. O objetivo do primeiro trabalho é avaliar se a adição de narasina na mistura mineral influencia no ganho médio diário (GMD), na quantidade e frequência do consumo diário de mistura mineral e no consumo de matéria seca de novilhas Nelore submetidas a dietas com alto concentrado e alto volumoso. O delineamento utilizado será em reversão. Serão utilizadas 60 novilhas da raça Nelore de aproximadamente 1 ano de idade alocadas em 20 baias (3 novilhas por baia), metade das novilhas serão alimentadas com dieta de alto concentrado e a outra metade serão alimentadas com dieta composta apenas com volumoso (pré-secado de *Cynodon spp.*), as novilhas receberão três tipos de mistura mineral com 0, 6,5 e 13 ppm de narasina. O segundo experimento tem por objetivo avaliar se a inclusão de cloreto de sódio como inibidor e o milho moído fino como estimulador de consumo na mistura mineral, possa regularizar a frequência e o consumo individual do suplemento, nesse trabalho serão utilizadas 30 novilhas da raça Nelore alocadas em 10 baias (3 novilhas por baia), as novilhas serão alimentadas com dieta composta apenas com volumoso (pré-secado de *Cynodon spp.*), o delineamento utilizado será em reversão. Os tratamentos experimentais serão definidos de acordo com concentrações diferentes de milho moído fino e cloreto de sódio (sal branco) na mistura mineral, A [] 100% mistura mineral comercial, B [] 90% mistura mineral e 10% milho moído; C [] 65% mistura mineral, 10% milho moído e 25% cloreto de sódio; D [] 40% mistura mineral, 10% milho moído e 50% cloreto de sódio, as variáveis são ganho médio diário (GMD), quantidade e frequência de consumo de mistura mineral, consumo de matéria seca. As misturas minerais de ambos os experimentos serão ofertadas todos os dias, tendo um total de sobras de 200 gramas, as sobras de mistura mineral serão pesadas diariamente para o cálculo do consumo de matéria seca e ajuste da oferta.

Local do experimento: Confinamento de pesquisa experimental do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

São Paulo, 21 de julho de 2016

Profa. Dra. Denise Tabacchi Fantoni
Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes
Secretaria Executiva da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: SILVA, Renan Gomes da

Título: **Efeito da adição de narasina na mistura mineral sobre o desempenho de novilhas Nelore**

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

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento _____

Aos meus pais,

Milton Joaquim da Silva e Rosinária Gomes Silva, meus exemplos de vida.

Às minhas irmãs,

Daniele Gomes da Silva e Grasielle Gomes da Silva, que sempre me apoiaram e sempre estiveram do meu lado nesta conquista.

À minha avó,

Maria Hafemann da Silva, que sempre me ajudou a enfrentar todos os obstáculos da vida.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente por ter me guiado para realização deste trabalho e superação de todas dificuldades. Sem ele nada seria possível.

Ao Programa de pós-graduação em Nutrição e Produção Animal (VNP) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP), pela oportunidade de realização desta importante fase da minha vida.

Ao departamento de zootecnia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), pelas condições de ensino e pesquisa a mim oferecida.

Ao Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires, pela orientação, amizade e valiosa contribuição para minha formação profissional e pessoal.

À Profa. Dra. Ivanete Susin, pela amizade e colaboração ao longo do meu mestrado.

A todos professores do VNP, pelos ensinamentos e dedicação em compartilhar seus conhecimentos.

Aos amigos Marquinhos, Daniel e Marcelo pela força nos estudos e ajuda nos experimentos.

Aos amigos do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA), Vinicius, José Alípio, Elizangela, Ângelo, Alexandre, Analisa, Gabriela, José Paulo, Raquel, Ana Paula e Marcão pela amizade e companheirismo.

Aos estagiários Mariana, Adriana, Samuel, Pará (*in memoria*), Camila, Ramon, Prateado, Ruan, Joze e Saladinha pela ajuda. Desejo-lhes sorte.

Ao funcionário do LNRA Danilo Grajal, pela ajuda nos experimentos.

Aos funcionários do SIPOC, Sr. Roberto, Sr. Marcos, Jozeval e Adilson.

À Técnica de laboratório do LNRA, Luciana pelo auxílio durante as análises laboratoriais.

Ao secretário do VNP, João Paulo pela prontidão em ajudar.

À CAPES, pelo apoio financeiro através da bolsa de estudos.

À FEALQ e FAPESP, pelo financiamento do projeto.

Enfim, a todos que de alguma forma colaboraram para a elaboração e condução deste trabalho.

Muito obrigado!

Epígrafe

“Dias prósperos não vêm por acaso; nascem de muita
fadiga e persistência.”

Henry Ford

RESUMO

SILVA, R. G. da. **Efeito da adição de narasina na mistura mineral sobre o desempenho de novilhas Nelore.** [Effect of addition of narasin in mineral mix on the performance of Nellore heifers]. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

O objetivo do experimento I foi determinar o efeito da inclusão de narasina na mistura mineral para novilhas alimentadas com forragem. Foram utilizadas 30 novilhas Nelore, distribuídas em 10 baias (3 animais/baia) com peso médio inicial de $222 \pm 3,0$ kg. As novilhas foram alimentadas diariamente com pré-secado de *cynodon spp.* Os tratamentos experimentais foram 0, 650 e 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral (0N, 6,5N e 13N, respectivamente). As variáveis analisadas foram consumo de matéria seca (CMS), consumo de mistura mineral (CMM) diário, ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA) e variação na ingestão da IMM. O delineamento experimental utilizado foi *change-over* (todas as baias passaram por todos os tratamentos), com um período experimental de 28 dias, e 7 dias destinado ao período tampão (*wash-out*). A adição de narasina não afetou o CMM ($P = 0,75$) e nem o CMS ($P = 0,69$). No entanto, o tratamento 13N aumentou o GMD ($P = 0,02$) e, consequentemente, melhorou a CA ($P = 0,05$) em comparação com os animais do grupo 0N e 6,5N. Os resultados indicam que houve uma variação da IMM de cada baia e ao longo do período experimental, e essa variação foi semelhante para todos tratamentos. O objetivo do experimento II foi avaliar o efeito da inclusão de narasina no suplemento mineral para o desempenho de novilhas alimentadas com dietas contendo alto teor de concentrado. Foram utilizadas 60 novilhas Nelore, distribuídas em 20 baias (3 animais/baia) com peso médio inicial $245 \pm 4,3$ kg. As novilhas foram alimentadas diariamente com uma dieta contendo aproximadamente 16% de bagaço de cana e 84% de concentrado. Os tratamentos experimentais foram 0N e 13N. As variáveis analisadas foram as mesmas do experimento I. O delineamento experimental utilizado foi *cross-over* (todas as baias passaram por todos os tratamentos), com um período experimental de 28 dias, e 7 dias destinado ao período tampão (*wash-out*). A inclusão de 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral não afetou o GMD ($P = 0,06$), CMS ($P = 0,56$) ou CMM ($P = 0,33$). No

entanto, a adição de narasina diminuiu a CA ($P = 0,05$) em relação ao grupo controle. Semelhante ao experimento I, houve uma grande variação no CMM entre baias e ao longo do período experimental. O objetivo do experimento III foi avaliar se a inclusão de cloreto de sódio (NaCl) como inibidor e o milho moído como estimulador de consumo de mistura mineral, poderia regularizar a frequência e o consumo individual desse suplemento. Foram utilizadas 30 novilhas Nelore (22 meses), distribuídas em 10 baias (3 animais/baia) com peso médio inicial $294 \pm 3,7$ kg. As novilhas foram alimentadas diariamente com pré-secado de *Cynodon spp. ad libitum*. Os tratamentos experimentais foram controle (mistura mineral), 10MM (90% mistura mineral e 10% milho moído), 10M25NaCl (65% mistura mineral, 10% milho moído e 25% NaCl) e 10M50NaCl (40% mistura mineral, 10% milho moído e 50% NaCl). O delineamento experimental utilizado foi igual ao Experimento I. O período experimental teve duração de 15 dias, 7 dias destinados ao período tampão (*wash-out*). A análise de variação do CMM utilizado, foi o erro padrão da média (*EPM) de cada dia para cada tratamento (VCMM). O CMS ($P = 0,81$), GMD ($P = 0,27$) e CA ($P = 0,31$) não diferiram entre os tratamentos. A adição de milho moído aumentou e a inclusão de NaCl reduziu o CMM ($P < 0,01$). O mesmo aconteceu com a VCMM ($P < 0,01$), onde o EPM aumentou com a inclusão de milho e reduziu quando adicionado de NaCl.

Palavras-chave: Ionóforo. Narasina. Ingestão de mineral. Variação de consumo.

ABSTRACT

SILVA, R. G. da. **Effect of addition of narasin in mineral mix on the performance of Nellore heifers.** [Efeito da adição de narasina na mistura mineral sobre o desempenho de novilhas Nelore]. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2016.

The objective of the first trial was to determine the effect of narasin inclusion into the mineral mix for heifers fed high forage diets. Thirty Nellore heifers with initial body weight of 222 ± 3.0 kg were used and they were distributed in ten pens (three animals per pen) and fed daily with *Cynodon spp.* haylage. The experimental treatments were 0N, 6.5N and 13N, with the inclusion of 0, 650 and 1300 mg of narasina/kg of MM, respectively. The variables analyzed were dry matter intake (DMI), mineral mix intake (MMI), average daily gain (ADG), feed:gain ratio (F:G) and MMI variation (MMIV). The experimental design used was change over, where all pens go through all treatments, with a 28 days' experimental period and seven days of wash out. The addition of narasin did not affect neither the MMI ($P = 0.75$) nor the DMI ($P = 0.69$). However, when compared to 0N and 6.5N, the addition of 1300 mg of narasin increased ADG ($P = 0.02$), consequently improving the F:G ($P = 0.05$). The results indicate that there was a MMIV in each pen and over the experimental period, and that variation was similar for all treatments. The objective of the second trial was to evaluate the effects of narasin inclusion into the MM over the performance of heifers fed high concentrate diets. Sixty Nellore heifers with initial BW of 245 ± 4.3 kg were used. They were distributed in 20 pens (3 animals/pen) and fed daily with a diet containing approximately 16% sugar cane bagasse and 84% concentrate. The experimental treatments were 0N and 13N, with the inclusion of 0 and 1300 mg of narasin/kg of MM, respectively. The experimental design was cross over, in which all pens go through all treatments, with a 28 days experimental period and seven days of wash out. The inclusion of 1300 mg of narasin/kg of MM did not affect the ADG ($P = 0.06$), the DMI ($P = 0.56$) and the MMI ($P = 0.33$). However, it did improve the F:G ($P = 0.05$) when compared to the control. Similar to the first trial, there was a big variation in MMI between the pens and along the experimental period. The objective of the third trial was to evaluate if the inclusion of Sodium

Chloride (NaCl) as an inhibitor and ground corn (Gc) as a MM intake stimulator could regularize the individual frequency and amount of the supplement intake. Thirty Nellore heifers with 22 months old and an initial BW of $294 \pm 3,7$ kg were used. They were distributed in ten pens (3 animals/pen) and fed daily, *ad libitum*, with *Cynodon spp.* haylage. The experimental treatments were control (100% MM), 10%Gc (90% MM and 10% Gc), 10%Gc+25%NaCl (65% MM, 10% Gc and 25% NaCl) and 10%Gc+50%NaCl (40% MM, 10% Gc and 50% NaCl). The experimental design used was the same as the first trial, with a 15 days' experimental period and 7 days of wash out. The variance analysis used was the mean standard error of each day for each treatment. The DMI ($P = 0.92$), ADG ($P = 0.51$) and F:G ($P = 0.98$) did not differ between treatments. But the addition of Gc increased the MMI and the inclusion of NaCl decreased it ($P < 0.01$). The same happened with the MMIV ($P < 0.01$), where the mean standard error increased with the inclusion of Gc and decreased when NaCl was added.

Key words: Ionophore. Narasin. Mineral intake. Intake variation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de distribuição dos tratamentos e períodos experimentais...	39
Figura 2 - Consumo médio e desvio padrão (g / animal / dia) de mistura mineral por baia	45
Figura 3 - Consumo médio e desvio padrão (g / animal) de mistura mineral diário.....	47
Figura 4 - Consumo médio e desvio padrão de mistura mineral por baia.....	61
Figura 5 - Consumo médio e desvio padrão de mistura mineral diário.....	62
Figura 6 - Esquema de distribuição dos tratamentos e períodos experimentais...	70
Figura 7 - Consumo médio (g / dia) e variação (CV x CMM médio) do consumo de mistura mineral por tratamentos	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeito da monensina no desempenho de bovinos de corte.....	25
Tabela 2 - Efeito de doses de monensina sobre o ganho de peso de bovinos em crescimento consumindo pasto ou forragem picada (kg / dia)	26
Tabela 3 - Composição química da forragem (pre-secado de <i>cynodon spp.</i>) utilizada no experimento	37
Tabela 4 - Níveis de garantia por kg do produto COPLASAL 60®, Nutreco Brasil Nutrição Animal Ltda, Mirassol-SP, indicado pelo fabricante ...	38
Tabela 5 - Desempenho, consumo de matéria seca e consumo de mistura mineral de novilhas alimentadas com forragem (pré-secado) recebendo doses de narasina via mistura mineral	42
Tabela 6 - Proporção dos ingredientes e composição química da ração utilizada no experimento	54
Tabela 7 - Níveis de garantia por kg do produto COPLASAL 60®, Nutreco Brasil Nutrição Animal Ltda, Mirassol-SP, indicado pelo fabricante ...	55
Tabela 8 - Desempenho, consumo de matéria seca e consumo de mistura mineral de novilhas alimentadas com ração (88% de concentrado) recebendo narasina via mistura mineral.....	58
Tabela 9 - Composição química da forragem (pré-secado de <i>cynodon spp.</i>) utilizada no experimento	69
Tabela 10 - Proporção dos ingredientes e composição química das misturas minerais dos tratamentos, % MS.....	69
Tabela 11 - Desempenho, consumo de matéria seca e consumo de mistura mineral de novilhas alimentadas com forragem (pré-secado de <i>cynodon spp.</i>).....	73
Tabela 12 - Variação no consumo de mistura mineral (VCMM) e coeficiente de variação (CV) do consumo das misturas minerais por novilhas alimentadas forragem (pré-secado de <i>cynodon spp.</i>)	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	19
2.1	IMPORTANCIA DOS IONOFOROS	19
2.2	IONÓFOROS, MODO DE AÇÃO.....	20
2.3	NARASINA	21
2.4	EFEITO DOS IONÓFOROS NA FERMENTAÇÃO RUMINAL.....	22
2.5	EFEITO DOS IONÓFOROS NO DESEMPENHO DE RUMINANTES	24
2.6	FORNECIMENTO DE ADITIVOS	27
2.7	IMPORTANCIA DA UTILIZAÇÃO DE SUPLEMENTOS MINERAIS PARA RUMINANTES	30
2.8	CONSUMO DE SUPLEMENTOS MINERAIS.....	31
2.9	VARIAÇÃO DA INGESTÃO DE MISTURAS MINERAIS	32
3	EXPERIMENTO I: EFEITO DA ADIÇÃO DE NARASINA NA MISTURA MINERAL SOBRE O DESEMPENHO DE NOVILHAS NELORE ALIMENTADAS COM FORRAGEM.....	35
3.1	INTRODUÇÃO.....	35
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
3.2.1	Local do experimento.....	36
3.2.2	Animais e instalações	36
3.2.3	Tratamentos experimentais	37
3.2.4	Manejo alimentar e pesagens	38
3.2.5	Delineamento e análise estatística.....	40
3.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.4	CONCLUSÃO	48
	REFERÊNCIAS	49
4	EXPERIMENTO II: EFEITO DA ADIÇÃO DE NARASINA NA MISTURA MINERAL SOBRE O DESEMPENHO DE NOVILHAS NELORE ALIMENTADAS COM DIETA CONTENDO ALTO TEOR DE CONCENTRADO	52
4.1	INTRODUÇÃO.....	52
4.2	MATERIAIS E MÉTODOS.....	53
4.2.1	Local do experimento.....	53

4.2.2	Animais e instalações	53
4.2.3	Tratamentos experimentais	54
4.2.4	Manejo alimentar e pesagens	55
4.2.5	Delineamento e análise estatística.....	56
4.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
4.4	CONCLUSÃO	63
	REFERÊNCIAS	64
5	EXPERIMENTO III: EFEITO DA INCLUSÃO DE MILHO MOÍDO E CLORETO DE SÓDIO NA MISTURA MINERAL COMO ESTABILIZADORES DE CONSUMO DA MISTURA MINERAL PARA NOVILHAS NELORE	67
5.1	INTRODUÇÃO.....	67
5.2	MATERIAIS E MÉTODOS	68
5.2.1	Local do experimento.....	68
5.2.2	Animais e instalação	68
5.2.3	Tratamentos experimentais	68
5.2.4	Manejo alimentar e pesagens	70
5.2.5	Variação da ingestão de mistura mineral	71
5.2.6	Análise estatística	71
5.3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	72
5.4	CONCLUSÃO	76
	REFERÊNCIAS	77
6	CONCLUSÃO FINAL	80
	REFERÊNCIAS	81

1 INTRODUÇÃO

As projeções indicam que haverá aumento expressivo na população mundial, o que acarretará em aumento no consumo de alimento (PRADHAN et al., 2015). Nas próximas décadas, o grande desafio será aumentar a produção por área sem afetar o meio ambiente (MUELLER et al., 2012).

A produção de carne e leite depende muito de forragem para a alimentação dos animais. Mesmo em países que maximizam a terminação de bovinos com dietas a base de cereais (cevada, milho, sorgo, trigo, etc.), como é o caso dos Estados Unidos, 80% da alimentação necessária para produzir a carcaça desses animais é advinda de forragem, quando contabilizado o sistema de cria, recria e engorda (WATSON et al., 2015). No Brasil, por sua vez, esse percentual é ainda maior, devido ao custo-benefício da utilização dos cereais para alimentação de bovinos e a vasta disponibilidade de forragem, cujas pastagens são compostas principalmente de gramíneas tropicais de alta produtividade.

As gramíneas tropicais, apesar de ter alta produção, apresentam baixa qualidade quando comparada a gramíneas de clima temperado. E muitas vezes as gramíneas tropicais não atendem as exigências minerais dos animais produzidos nesse tipo de sistema, havendo a necessidade de suplementação para melhor desempenho (McDOWELL; ARTHINGTON, 2005). Nesse caso, a suplementação mineral se torna indispensável, sendo que a suplementação mineral aumenta o desempenho dos animais, por corrigir alguma deficiência mineral do animal (FIESER et al., 2007).

Os aditivos alimentares são uma das ferramentas que podem melhorar a conversão de forragens em proteína animal, e aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes pela redução de perdas decorrentes de rotas fermentativas que levam à produção de metano e gás carbono (TEDESCHI et al., 2003).

Os ionóforos são a classe de aditivos mais utilizadas e pesquisadas na alimentação de bovinos. Esses aditivos são moléculas de diferentes estruturas químicas que têm a capacidade de transportar cátions, atuando principalmente na membrana de bactérias gram-positivas e protozoários presentes no rúmen (TEDESCHI et al., 2003). Nesse contexto, os ionóforos são capazes de modular os

padrões de fermentação do rúmen. Aumento da proporção de ácido propiônico, redução da quantidade de ácido butírico e acético, reduzindo assim a relação acetato:propionato (TEDESCHI et al., 2003; ELLIS et al., 2012; TOMKINS et al., 2015; VENDRAMINI et al., 2015), redução da produção de metano e gás carbono (GUAN et al., 2006; PATRA, 2012), aumento da retenção de energia (TEDESCHI et al., 2003), aumento do fluxo de proteína de origem alimentar para o intestino delgado (BERGEN; BATES, 1984) e redução de distúrbios digestivos (McGUFFEY et al., 2001) são alguns dos benefícios proporcionados por estes aditivos, resultando em aumento no ganho de peso, redução na ingestão de alimento e aumento na eficiência alimentar (POTTER et al., 1976; GOODRICH et al., 1984; MULLER et al., 1986; FIESER et al., 2007; DUFFIELD et al., 2012; BECK et al., 2014; GOLDER; LEAN, 2016).

Com base no exposto acima, a utilização de mistura mineral como veículo para o fornecimento de ionóforos na alimentação de bovinos se torna a maneira relativamente mais acessível. Entretanto, essa estratégia apresenta certa dificuldade, uma vez que a ingestão de mistura mineral individual é muito variada (TAIT; FISCHER, 1996; BOWMAN; SOWELL, 1997; DIXON et al., 2003; McDOWELL; ARTHINGTON, 2005) e os ionóforos precisam ser consumidos em doses corretas e frequência adequada para apresentarem os efeitos desejados (POTTER et al., 1976).

Sendo assim, o presente estudo tem por objetivo avaliar os efeitos da narasina (ionóforo) na alimentação de bovinos Nelore, bem como estudar estratégias que possam reduzir a variação no consumo de mistura mineral.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA DOS IONÓFOROS

A Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (*Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO*) estima que 843 milhões de pessoas no mundo passam fome e um número maior sofre de deficiência nutricional. Cerca de 1 bilhão de pessoas tem ingestão inadequada de proteína. Além disso, o desafio de evitar a fome e a desnutrição se tornará maior à medida que a população mundial cresce (WU et al., 2014).

Nesse sentido, para atender à crescente demanda por alimento, a produção mundial de alimentos precisa ser aumentada em 60 a 110% entre 2005 e 2050 (PRADHAN et al., 2015). Segundo o mesmo autor, a intensificação e/ou expansão da agricultura são as duas principais opções disponíveis para atender às crescentes demandas de alimento.

Nas próximas décadas, o desafio crucial para a humanidade será atender as demandas futuras de alimentos sem afetar a integridade do meio ambiente. Sendo assim, o foco precisa ser na "intensificação sustentável", como aumentar os rendimentos em áreas de baixa produção, e diminuir simultaneamente os impactos ambientais dos sistemas agrícolas (MUELLER et al., 2012).

O uso de ionóforos na produção de ruminantes tem atendido bem a esses requisitos. Estima-se que a utilização de ionóforos na alimentação de bovinos de corte nos Estados Unidos representa uma economia de ração em 1,38 milhões de toneladas de matéria seca por ano, o que corresponde a 140 mil hectares para produção de milho que seriam necessárias para atender a essas dietas. Além disso, esses aditivos também apresentam resultados positivos na qualidade do ar e da água, pois são capazes de reduzir a emissão de metano entérico e a quantidade de nitrogênio excretada por fezes e urina (TEDESCHI et al., 2003).

2.2 IONÓFOROS, MODO DE AÇÃO

Antibióticos ionóforos são moléculas de baixo peso molecular produzidas por cepas de *Streptomyces sp.*. Essas moléculas possuem regiões polares e não polares que aumentam a retenção de cátions e interação com membranas. Esses aditivos partilham de um modo de ação comum, entretanto, algumas diferenças são observadas, como por exemplo, especificidade de cátions e capacidade para atingir concentrações eficazes no rúmen (McGUFFEY et al., 2001).

Na década de 70 foi aprovada a utilização de ionóforos para aves, com o objetivo de controle de coccidiose e em 1975 a Food and Drug Administration (FDA) aprovou sua utilização como promotor de crescimento para bovinos (McGUFFEY et al., 2001). Depois da aprovação, o uso de antibióticos ionóforos na pecuária teve um crescimento muito grande no Brasil e no mundo. De acordo com Oliveira e Millen (2014), 93,9% dos nutricionistas brasileiros utilizam ionóforos como principais aditivos alimentares no confinamento.

Os resultados positivos causados pela utilização dos ionóforos na fermentação ruminal é devido à sensibilidade das bactérias gram-positivas. Por outro lado, estes aditivos apresentam pouca ou nenhuma atividade contra bactérias gram-negativas (NAGARAJA; TAYLOR, 1987). As bactérias gram-negativas possuem duas membranas lipídica. A membrana externa desses microrganismos serve como proteção para a ação dos ionóforos, pois essa membrana contém purinas (canais de proteínas) com um tamanho limite de aproximadamente 600 Dalton. A maioria dos ionóforos são maiores que 600 Dalton e não passam através dessa segunda membrana biológica (MORAIS et al., 2011). Já as bactérias gram-positivas por possuírem apenas uma membrana biológica (porosa), os ionóforos penetram livremente na membrana celular (McGUFFEY et al., 2001).

As bactérias precisam manter um pH alcalino no seu interior, para que isso aconteça, altas concentrações de K^+ são necessárias para tamponar o pH, por meio da troca de K^+ / H^+ . O mecanismo de ação dos ionóforos está relacionado a capacidade em alterar o fluxo de cátions através da membrana (McGUFFEY et al., 2001). A ligação de ionóforos as membranas celulares das bactérias gram-positivas desencadeiam uma reação de rápida saída de K^+ e uma entrada de H^+ no meio celular. O pH intracelular reduz devido ao acúmulo de H^+ . O microrganismo

responde a queda do pH exportando H^+ e Na^+ para fora e permitindo a entrada de K^+ para o interior da célula (RUSSELL; STROBEL, 1989). Essa reação é por meio da bomba de Na^+ / K^+ e de próton ATPase, ou seja, um transporte ativo em que há gasto energético (McGUFFEY et al., 2001; MORAIS et al., 2011).

Diante disso, o microrganismo é capaz de metabolizar glicose por pouco tempo. Posteriormente, o metabolismo interno das bactérias vai reduzindo em função do declínio de ATP intracelular. Com essa diminuição do ATP, a célula se mantém em estado de letargia, ou até mesmo morrendo devido à falta de energia (RUSSELL; STROBEL, 1989).

Como consequência, a bomba iônica não opera eficientemente, provocando um desequilíbrio e, em virtude de uma maior concentração de cátions dentro da célula, ocorre aumento da pressão osmótica, a água penetra em excesso tendendo a romper-se. Desse modo, as bactérias sensíveis acabam morrendo ou assumem um nicho microbiano sem expressão ruminal (MORAIS et al., 2011).

Segundo McGuffey et al. (2001) e Moraes et al. (2011), fungos e protozoários do rúmen podem ser sensíveis aos ionóforos, mas o grau de sensibilidade pode variar de acordo com a espécie, período de alimentação e tipo de dieta.

2.3 NARASINA

A narasina é um antibiótico (ionóforo) produzido por *Streptomyces aureofaciens*. Esse ionóforo pertence à família de antibióticos que inclui monensina, lasalocida, salinomycin (BERG; HAMILL, 1978). A narasina apresenta afinidade seletiva por $Na^+ > K^+ = Rb^+ > Cs^+ > Li^+$ (WONG et al., 1977), semelhante a outros ionóforos. Segundo Berg e Hamill (1978), quando administrado na alimentação de aves fornece um elevado grau de proteção contra as infecções coccídeas. Diante disso, a indústria tem usado a narasina para prevenir coccidioses em aves domésticas há muitos anos (JEFFERS et al., 1988).

Assim como outros ionóforos, a narasina tem ação contra bactérias gram-positivas, bactérias anaeróbias e fungos (BERG; HAMILL, 1978). Assim sendo, sabe-se que mudanças no nicho microbiano podem vir a alterar o produto final da fermentação.

Esta molécula também apresenta o mesmo mecanismo de ação dentre os outros ionóforos, induzindo a ATPase mitocondrial através do transporte ativo de cátions através da membrana (WONG et al., 1977). Wong et al. (1977) ressalta, que a narasina é cerca de três a quatro vezes mais eficaz do que a monensina na indução de ATPase.

Por sua vez, Nagaraja et al. (1987), em um ensaio *in vitro* em que foram testados vários aditivos ionóforos e não ionóforos, observaram que a narasina aumentou a concentração molar de propionato com doses inferiores à monensina e lasalocida, e foi mais eficaz na inibição da produção de ácido láctico que os demais aditivos. Os autores ainda afirmam que, a dosagem de narasina para ter o mesmo efeito que a monensina e lasalocida é cerca de três vezes menor.

2.4 EFEITO DOS IONÓFOROS NA FERMENTAÇÃO RUMINAL

Grande parte das pesquisas com ionóforo na década de 70 e 80 concentraram-se em mudanças na produção de ácido graxo de cadeia curta (AGCC), diante da ênfase na utilização de energia em dietas de bovinos de corte (McGUFFEY et al., 2001). Da década de 70 até os dias de hoje, os ionóforos foram à classe de aditivos com maior número de pesquisa nesse período.

Nagaraja et al. (1987) demonstraram que a adição de ionóforos em culturas de microrganismos ruminais *in vitro* aumentou o pH e a proporção molar de propionato, além de reduzir as concentrações de ácido láctico total e a relação acetato:propionato.

Corroborando com os resultados *in vitro*, efeitos semelhantes foram encontrados *in vivo*. Em metanálise, Ellis et al. (2012) reuniram 16 trabalhos entre 1979 a 2009 com bovinos alimentados com dietas contendo no mínimo 80% de concentrado em sua composição. Eles observaram que a monensina aumentou a proporção molar de propionato e reduziu a concentração de butirato. Entretanto, essas mudanças no perfil de AGCC podem ser dependentes da dose. Tomkins et al. (2015) encontraram diminuição na proporção molar de acetato e aumento no propionato em bovinos suplementados com 250mg de monensina/dia em dietas volumosas de baixa qualidade.

Outra metanálise, dessa vez com lasalocida, Golder e Lean (2016) em um compilado de 10 estudos com bovinos de corte, com dose média de 240 mg de lasalocida, observaram que o ionóforo aumentou o total de AGCC e o percentual de propionato, além de reduzir o percentual molar de acetato e butirato.

Isso se deve ao fato de que bactérias produtoras de ácido láctico, ácido butírico, ácido acético e fórmico foram mais sensíveis à ação antimicrobiana dos ionóforos, enquanto bactérias produtoras de ácido succínico e ácido propiônico são resistentes (NAGARAJA; TAYLOR, 1987).

O aumento nas concentrações de ácido propiônico proporciona aumento da gliconeogênese no tecido hepático a partir do propionato e melhora o metabolismo energético (BAIRD et al., 1980). Além disso, o fato de favorecer a produção de ácido propiônico e reduzir a produção de ácido acético melhora a eficiência de retenção da energia bruta pelo animal. Os cálculos realizados por Richardson et al. (1976) mostraram aumento de 5,6% de energia bruta retida nos produtos finais dos AGCC, devido a mudanças na proporção de 60:30:10 para 52:40:8, para ácido acético, propiônico e butírico, respectivamente. O aumento da retenção de energia é devido à diminuição das perdas de energia na forma de metano, pois a maior produção de ácido propiônico no rúmen resulta em diminuição de substratos disponível para metanogênese, no caso hidrogênio e formato (ELLIS et al., 2008; ELLIS et al., 2012).

Além de modificar as proporções de AGCC no rúmen, os ionóforos são capazes de reduzir a produção de metano durante o processo de fermentação. Segundo McGuffey et al. (2001), 12% da energia bruta dos alimentos pode ser perdida com a formação de metano em ruminantes. Os ionóforos reduzem a produção de metano em 30% (RUSSELL; STROBEL, 1989; GUAN et al., 2006). Nesse sentido, há uma melhora na eficiência de retenção de energia advindo da dieta.

A maioria das bactérias produtoras de formato e hidrogênio são gram-positivas e sensíveis à ação dos ionóforos (NAGARAJA; TAYLOR, 1987). Esses aditivos também são conhecidos por reduzir a população de fungos e protozoários, outra fonte importante de produção de hidrogênio e formato (RUSSELL; STROBEL, 1989). Embora uma correlação entre a população de *archaea* (bactérias produtoras de metano) e a produção de metano seja evidente, não é sempre proporcional. O modo de ação da monensina na inibição da metanogênese ocorre de forma indireta,

através da redução da população de bactérias produtoras de hidrogênio e formato, reduzindo assim os substratos disponíveis para as bactérias produtoras de metano (TOMKINS et al., 2015).

2.5 EFEITO DOS IONÓFOROS NO DESEMPENHO DE RUMINANTES

Em revisão realizada por Goodrich et al. (1984), envolvendo 228 trabalhos e 11.274 bovinos alimentados com dietas com elevado teor de concentrado, suplementados ou não com monensina, observou-se que os animais que receberam o ionóforo aumentaram o ganho de peso médio diário (GMD) em 1,6%, reduziram o consumo de matéria seca (CMS) em 6,4% e, conseqüentemente, melhoraram a conversão alimentar em 7,5% em relação aos animais do grupo controle.

Duffield et al. (2012), ao realizarem metanálise a partir de 64 artigos e 169 experimentos com a utilização de monensina em dietas de bovinos em crescimento e terminação, concluíram que o uso do ionóforo reduziu a conversão alimentar em 0,53 kg de alimento/kg de ganho de peso corporal. A monensina também reduziu a ingestão de matéria seca em 0,27 kg e aumentou o ganho médio diário em 0,03 kg, sendo a dose ótima utilizada pelos trabalhos de 28,1 mg/kg.

Golder e Lean (2016) realizaram metanálise em que foram analisados 31 estudos e observaram aumento no ganho médio diário de 40 g/dia, sem diminuição da ingestão de matéria seca de bovinos alimentados com lasalocida. Entretanto, quando os autores fizeram uma meta-regressão extrapolando doses maiores que 200 mg de lasalocida/dia e o tempo de duração maior que 100 dias encontraram redução linear na ingestão de matéria seca.

Os mecanismos pelos quais a monensina causa redução do CMS é devido as mudanças nas proporções de AGCC causado pela adição deste produto é reportado por Ellis et al. (2012), onde há um aumento da densidade energética da dieta, a partir da elevação das concentrações de ácido propiônico, que por sua vez, Allen et al. (2009) relata que o propionato é mais hipófagico que acetato e butirato quando infundido na veia porta, veia mesentérica ou direto no rúmen.

Tabela 1 - Efeito da monensina no desempenho de bovinos de corte

Sistema	Ensaio	Variáveis ¹	Controle	Monensina	Diferença, % ²
Dados Americanos					
Confinamento	228	GMD, kg	1,09	1,1	1,6
		CMS, kg	8,27	7,73	-6,4
		CA	8,09	7,43	-7,5
Confinamento	37	GMD, kg	1,18	1,19	1,8
		CMS, kg	8,63	8,29	-4
		CA	7,31	6,97	-5,6
Pasto	24	GMD, kg	0,61	0,69	13,5
Dados Europeus					
Confinamento	35	GMD, kg	1,15	1,21	5,2
		CMS, kg	7,45	7,15	-4
		CA	6,59	6,02	-8,7
Pasto	12	GMD, kg	0,79	0,89	13,7

Fonte: Tedeschi et al. (2003)

Legenda: ¹GMD = ganho médio diário; CMS = consumo de matéria seca; CA = conversão alimentar.

²Diferença em relação ao controle.

Por outro lado, em animais alimentados com dietas contendo principalmente forragem ou em pastejo os benefícios da monensina na conversão alimentar se traduzem em aumento no ganho de peso e não na redução do consumo de alimento, como é o caso de animais recebendo dietas concentradas, onde a conversão alimentar é melhorada principalmente através da redução na ingestão de matéria seca (TEDESCHI et al., 2003). A tabela 1 mostra os efeitos da adição da monensina no desempenho de ruminantes.

No trabalho de Goodrich et al. (1984), os autores observaram que a monensina quando fornecida para animais em dietas contendo principalmente forragem ou pastagem há uma melhora na conversão alimentar de 12,2%, e animais alimentados com dietas concentradas há um aumento de apenas 7,5%. Dessa forma, os autores concluem que o ionóforo é mais eficiente em dietas contendo elevado teor de volumoso.

Potter et al. (1976) conduziram três experimentos com o objetivo de avaliar o efeito de doses de monensina (0, 50, 100, 200, 300 e 400 mg de monensina/animal/dia) no ganho de peso, ingestão de matéria seca e conversão

alimentar. Para isso, foram usados 372 bovinos de corte com aproximadamente 320 kg de peso corporal. A monensina aumentou o ganho de peso quando utilizado as doses de 100, 200 e 300 mg/cabeça/dia. A melhor dose neste experimento foi de 200 mg/cabeça/dia, promovendo um ganho médio diário de 17% maior em relação ao controle (Tabela 2).

Tabela 2 - Efeito de doses de monensina sobre o ganho de peso de bovinos em crescimento consumindo pasto ou forragem picada (kg / dia)

Exp.	Rep.	Dias	Dose de monensina, mg / cabeça / dia					
			0	50	100	200	300	400
1	1	105	0,37		0,47	0,51		0,39
2	1	168	0,56	0,6	0,7	0,72		
3	1	126	0,68	0,72	0,82	0,78	0,78	0,8
3	2	126	0,7	0,63	0,62	0,68	0,71	0,69
4	1	112	0,48	0,52	0,55	0,56	0,49	0,5
4	2	112	0,51	0,55	0,53	0,61	0,59	0,53
Média ajustada ¹			0,54	0,55	0,60*	0,63**	0,60*	0,58

Fonte: Potter et al. (1976).

Legenda: ¹Média ajustada por experimento e repetição dentro do experimento por análise de variância dos quadrados mínimos. Resíduo médio quadrado foi de 0,00152. Médias diferentes do controle pelo teste de Dunnett's - t, *P<0,05; **P<0,01.

Em um quarto experimento utilizando as mesmas dosagens de monensina e fornecendo no cocho capim picado (gramíneas e leguminosas), Potter et al. (1976) verificaram que a dose de 200 mg/cabeça/dia foi a melhor dentre as outras concentrações, pois aumentou o ganho médio diário sem afetar o consumo de alimento, permitindo uma melhora de 14,4% na conversão alimentar. Este experimento mostrou que as concentrações de 300 e 400 mg/cabeça/dia deprimem o consumo de alimento em relação ao controle e o GMD em relação ao tratamento 200 mg/cabeça/dia foi inferior (Tabela 2).

A partir das informações obtidas no trabalho de Potter et al. (1976), vários estudos foram feitos em pastagens tentando fornecer a dose alvo de 200 mg/cabeça/dia, via suplemento mineral. Fieser et al. (2007) observaram que bovinos em pastagem de trigo suplementados com a dose alvo de 200 mg de monensina/cabeça/dia, via mistura mineral, aumentou o GMD em 0,17 kg, ou seja

30% de incremento no GMD, em relação aos animais que não foram tratados no primeiro ano. Entretanto, no segundo ano não houve diferença no GMD, tendo apenas 5% de incremento no ganho. Resultados semelhantes a este foram encontrados por Beck et al. (2014), onde bovinos em pastagem de trigo suplementados com a mesma concentração de monensina via mistura mineral resultou em um GMD de 0,07 kg maior que o controle (6% de incremento no GMD).

Essas divergências no desempenho de bovinos suplementados com monensina via suplemento mineral, pode ser devido ao consumo errático de misturas minerais entre os animais. Nesse sentido, os animais consomem doses inferiores ou superiores de monensina, que pode vir a prejudicar a eficiência do uso do ionóforo.

2.6 FORNECIMENTO DE ADITIVOS

Não há grandes dificuldades no fornecimento de ionóforos para animais recebendo ração completa, uma vez que a quantidade diária ingerida de ração e aditivo sofrem poucas variações. Entretanto, o fornecimento de aditivos para animais mantidos em pastagens apresenta maiores dificuldades, pois há necessidade de um veículo que seja consumido em doses corretas e frequência adequada para todos os indivíduos. Em situações de consumo de doses inferiores não se tem o desempenho esperado e em doses elevadas, além de prejudicar o desempenho (POTTER et al., 1976; BAGLEY et al., 1988), podem levar à intoxicação e em alguns casos a morte dos animais (WOUTERS et al., 1997).

Suplementos proteico-energéticos podem ser usados como veículo. Horn et al. (1981) relataram que a adição de 100 mg de monensina/animal/dia em suplemento energético dobrou o desempenho dos animais. No entanto, nem sempre esse tipo de suplementação é viável economicamente, sendo dependente do valor e disponibilidade dos ingredientes. Outro empecilho é o custo com mão de obra para realizar esse tipo de manejo.

Outro método de fornecer ionóforos para ruminantes em pastagens é através de cápsula de liberação controlada. Esta cápsula é um dispositivo intra-ruminal que proporciona uma liberação frequente de ionóforo (mg ionóforo/dia). Sendo assim,

independente da flutuação de consumo diário de suplemento, por um período aproximado de 95 dias (DUFFIELD et al., 1998; GREEN et al., 1999; PLAIZIER et al., 2000; GRAINGER et al., 2008).

Várias pesquisas foram realizadas para testar a eficiência desta cápsula em vacas leiteiras no período de transição. Duffield et al. (1998) estudaram o efeito da cápsula de liberação controlada de monensina em vacas no período transição de 25 rebanhos leiteiros, totalizando 1010 vacas. Os autores observaram que os animais que receberam a cápsula reduziram as concentrações plasmáticas de beta-hidroxibutirato e aspartato aminotransferase, aumentaram a glicose sanguínea e, consequentemente, reduziram as perdas de escore de condição corporal no período pós-parto. Green et al. (1999) observaram diminuição da concentração sanguínea de beta-hidroxibutirato e, em relação aos parâmetros ruminais, houve redução na relação acetato:propionato e aumento do pH ruminal. Em trabalho realizado por Plaizier et al. (2000), os autores observaram aumento da digestibilidade aparente do FDN, FDA e energia bruta.

A cápsula de liberação controlada pode parecer ser o método ideal para administração de ionóforos para bovinos em pastejo, pois fornece uma dose constante que não é interferida pelo consumo voluntário de matéria seca e também de suplemento. Entretanto, falhas na liberação do ionóforo podem acontecer. Grainger et al. (2008) observaram que a taxa de liberação foi mais lenta do que o esperado, sendo liberado apenas 75% da dose proposta.

No Brasil, a alternativa que parece ser mais viável seria o fornecimento de ionóforos através das misturas minerais, diante da necessidade de suplementação mineral para animais em pastejo. Pois, na maioria das vezes, as pastagens não atendem às exigências de minerais dos animais em pastejo, de modo que, há a necessidade de suplementação para um melhor desempenho dos animais (McDOWELL; ARTHINGTON, 2005; KUMARESAN et al., 2010; DERMAUW et al., 2013).

Fieser et al. (2007) avaliaram o desempenho de 516 bovinos em pastagem de trigo suplementados ou não com mistura mineral. O consumo de mistura mineral foi em média 183 g/cabeça/dia e promoveu um aumento de 220 g no ganho de peso. Os autores concluíram que este resultado positivo foi devido a uma ligeira correção da deficiência mineral na pastagem de trigo. Neste mesmo trabalho, os autores relatam outro experimento em que o fornecimento de monensina via suplemento

mineral aumentou 170 g em relação aos animais que receberam apenas mistura mineral.

Existem vários trabalhos que mostram resultados positivos no desempenho de animais recebendo ionóforos via mistura mineral (MULLER et al., 1986; FIESER et al., 2007; BECK et al., 2014). Entretanto, alguns trabalhos em que foi avaliado esse sistema de fornecimento, apresentaram resultados contraditórios e/ou aquém do esperado. Bagley et al. (1988), em um ensaio em que foram utilizados 48 novilhos em pastagens, suplementados com misturas minerais contendo 1320 mg de salinomicina/kg de suplemento, apresentaram mesmo GMD que animais que receberam apenas mistura mineral. Os autores observaram que o consumo de suplemento contendo salinomicina diminuiu em relação ao controle (131 vs 65 g/cabeça/dia). Essa talvez seja a grande implicação em usar misturas minerais como veículo para ionóforos.

Muitos autores relataram a redução no consumo de mistura mineral quando fora adicionado ionóforos. Fieser et al. (2007), em dois experimentos ao longo de dois anos, observaram redução no consumo médio de mistura mineral com a adição de monensina comparado com o tratamento controle (redução de 121 g no primeiro e 100 g no segundo ano). Beck et al. (2014) observaram redução no consumo de mineral de 60 g em relação ao controle. Os autores concluíram que, com a redução no consumo de suplemento, os animais não consumiram a dose alvo de 200 mg de monensina/cabeça/dia.

Em um estudo com 437 bovinos alimentados com suplemento energético à base de milho e cevada com ou sem monensina (440 mg de monensina / kg), e usando concentrações de cloreto de sódio para restringir o consumo de suplemento em 454 g/cabeça/dia, foi observado que os níveis de cloreto de sódio necessários para limitar a ingestão foram de 25 a 50% menor quando a monensina estava presente no suplemento (MULLER et al., 1986). Os autores relataram que este efeito significa que a monensina atua, parcialmente, como limitador de consumo de suplemento.

Outra implicação quanto ao fornecimento de ionóforos via mistura mineral é a variação de consumo diário e individual dos animais. No trabalho de Fieser et al. (2007), os autores reportaram um coeficiente de variação de 19% no consumo de suplemento e Beck et al. (2014) também observaram variação de consumo, que por sua vez, estava entre 114 e 220 g/cabeça/dia.

Existem poucos relatos na literatura em que o consumo voluntário de suplemento mineral por cada animal tenha sido mensurado. Isso não é surpreendente, considerando as dificuldades técnicas envolvidas. Tait e Fischer (1996) avaliaram a ingestão de mistura mineral por bovinos utilizando *GrowSafe*, observaram que todos animais tiveram ingestão regular. A ingestão média foi de 135 g/cabeça/dia. A amplitude foi de 50 a 300 g/cabeça/dia. No entanto, a maioria dos animais consumiu entre 100 e 200 g de mistura mineral. Além dessa variação, alguns autores relatam que alguns animais não consomem quantidade nenhuma de suplemento (TAIT; FISCHER, 1996; BOWMAN; SOWELL, 1997).

Nesse sentido, a variação do consumo individual de suplemento mineral é de extrema importância no fornecimento de ionóforo, pois, mesmo que o consumo alvo de suplemento tenha sido atingido, pode ser que parte dos animais dentro do lote não tenham consumido o suplemento e outra parte tenha consumido doses superiores e inferiores, podendo mascarar a eficiência do uso de ionóforo. Com o consumo de doses inferiores e doses elevadas não se tem o desempenho esperado (POTTER et al., 1976; BAGLEY et al., 1988).

2.7 IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE SUPLEMENTOS MINERAIS PARA RUMINANTES

Os elementos minerais são necessários para o normal funcionamento de basicamente todos os processos bioquímicos do corpo, sendo dieteticamente essenciais para todos os animais (PEDREIRA; BERCHIELLI, 2011). Tratando-se de ruminantes, os minerais desempenham papéis importantes no metabolismo de energia, sistema imune e metabolismo oxidativo (OVERTON; YASUI, 2014). Dessa forma, as deficiências de minerais podem causar limitações na produção animal, como, crescimento insatisfatório e baixa produção (McDOWELL; ARTHINGTON, 2005; KUMARESAN et al., 2010).

As exigências de minerais são altamente dependentes do nível de produtividade. Maiores taxas de crescimento exigem maiores quantidade de minerais. Portanto, o melhoramento genético e as práticas de manejo que

aumentam a produção exigem maior atenção quanto à nutrição mineral dos animais (McDOWELL, 1996; PEDREIRA; BERCHIELLI, 2011).

Como já foi mencionado, raramente as forrageiras tropicais conseguem atender completamente todas as exigências minerais dos ruminantes (McDOWELL; ARTHINGTON, 2005; KUMARESAN et al., 2010; DERMAUW et al., 2013). Kumaresan et al. (2010) estudaram a relação solo, planta e animal em regiões subtropicais e observaram que vacas leiteiras de baixa produção apresentaram deficiência em Ca, P, K, Mg, Co, Cu e Zn. Os autores também observaram que existe alta correlação entre a forragem e os animais para todos minerais mencionados, exceto P e K.

Nesse sentido, a suplementação mineral para animais criados em sistema de pastejo se torna primordial para o máximo aproveitamento da capacidade de produção dos ruminantes.

2.8 CONSUMO DE SUPLEMENTOS MINERAIS

O consumo voluntário de minerais ou misturas minerais por animais é referente à ingestão de mistura mineral de livre escolha. Esta prática de suplementação mineral para ruminantes tem sido utilizada por muitos anos para suprir as deficiências minerais presentes no alimento (McDOWELL, 1996).

O fornecimento de misturas minerais para o consumo *ad libitum* tem origem na ideia errônea de que os animais conseguem identificar as suas carências por minerais e procuram elementos no ambiente para suprir suas necessidades. Isso surgiu do fato que animais com deficiência de fósforo roerem e/ou comem ossos no campo (McDOWELL, 1996; McDOWELL; ARTHINGTON, 2005). Quando os ossos são incinerados, mesmo rico em fósforo, não atraem animais que estejam com deficiência de fosforo, chegando à conclusão que o atraente é um componente orgânico que desaparece quando os ossos são aquecidos na temperatura de 500°C (SHMIDT-NIELSEN, 1994).

A realidade é que ruminantes domésticos possuem pouca ou nenhuma capacidade de regular o seu consumo de minerais de acordo com suas necessidades nutricionais. Coppock et al. (1976) observaram que vacas leiteiras submetidas a dietas com deficiência de cálcio e fosforo não aumentaram o consumo

voluntário dos minerais, ou seja, as vacas não consumiram quantidades suficientes de cálcio e fósforo para suprir suas exigências, de acordo com o NRC. Semelhante, Muller et al. (1977) forneceram minerais e vitaminas separadamente e constataram que vacas leiteiras consumiram quantidades insuficiente para suprir sua demanda nutricional.

Existem vários fatores que influenciam o consumo de suplemento mineral, dentre eles, fatores relacionados aos animais, como tempo de exposição ao suplemento, experiência previa, interação social, exigência mineral individual. Quanto aos fatores ambientais, é possível destacar a fertilidade do solo, consumo de forragem, estação do ano e quantidade de NaCl na água. Por fim, fatores que influenciam o consumo de mineral referente aos suplementos em si, são eles, palatabilidade, disponibilidade, forma física e composição do suplemento mineral (McDOWELL, 1996; BOWMAN; SOWELL, 1997; McDOWELL; ARTHINGTON, 2005).

Dentre os fatores que regulam o consumo de suplemento, a presença do sódio é um dos principais. Bovinos possuem apetite específico por sódio (McDOWELL, 1996). Segundo Fitzsimons (1998), o apetite pelo sódio é bem desenvolvido em herbívoros e estes animais na natureza viajam longas distâncias para lugares onde este elemento possa ser encontrado. Ruminantes podem ingerir quantidades iguais ou superiores às suas exigências (MULLER et al., 1986). Por outro lado, Cockwill et al. (2000) e Chlácek e Zapletal (2007) observaram que o aumento do teor de NaCl na mistura mineral ou em blocos minerais reduziu significativamente o número de visitas ao cocho e a ingestão de mistura mineral diária de vacas e bezerros de corte tanto no inverno quanto no verão. Dessa forma, a utilização do NaCl pode ser realizada como um atrativo e também como inibidor do consumo de suplementos.

2.9 VARIAÇÃO DA INGESTÃO DE MISTURAS MINERAIS

A ingestão de suplemento é normalmente medida dividindo-se o desaparecimento de suplemento pelo número de animais por dia. Este método não considera a variação individual e diária na ingestão do suplemento. Se os animais

consomem menos do que a quantidade alvo, os nutrientes formulados não são recebidos. Em contrapartida, se os animais consomem mais do que o valor alvo, os custos de suplementação são aumentados (BOWMAN; SOWELL, 1997).

Vários autores já observaram a variação na ingestão de suplemento mineral por ruminantes (TAIT; FISCHER, 1996; BOWMAN; SOWELL, 1997; DIXON et al., 2003; McDOWELL; ARTHINGTON, 2005). Alguns dos fatores que podem interferir na variação de suplementos foram listados na revisão de Bowman e Sowell (1997). São eles: neofobia (desconfiança com uma nova forma de suplemento), interação social, espaço de cocho, acessibilidade ao cocho, quantidade consumida, forma física (farelado, bloco, líquido) e composição química.

A ingestão varia de acordo com os requisitos: exigência do animal, fertilidade do solo, qualidade da forragem e quantidade de mineral contendo na água representam menor variação. Dentre os fatores que influenciam a variação de suplemento, a forma física e a palatabilidade estão entre os principais (TAIT; FISCHER, 1996).

Nesse sentido, o consumo de suplemento pode ser influenciado pela palatabilidade ou a dureza dos blocos de suplemento (BOWMAN; SOWELL, 1997; VALK; KOGUT, 1998). Tait e Fischer (1996) avaliaram o consumo de suplemento (bloco ou mistura mineral) por 20 bovinos. Observaram que quando esses animais tiveram acesso ao bloco de melaço, os animais tiveram uma gama de dispersão de consumo do suplemento de quase 1 kg. Porém, quando os mesmos tiveram acesso *ad libitum* à mistura mineral, a gama de dispersão foi reduzida. Em revisão realizada por Bowman e Sowell (1997), os autores relataram que dentre as formas físicas de suplemento mineral (farelada, bloco e líquida) a farelada é a que apresenta um menor coeficiente de variação (CV).

Os dados de Bowman e Sowell (1997) mostram que o CV do consumo de suplemento individual é de 79% para blocos, 41% para mistura farelada e 60% para líquidas. E a porcentagem de animais que não consomem nada de suplemento é de 14% para o bloco, 15% para farelada e 23% para suplementos líquidos. Nesse sentido, pressupõe-se que as misturas minerais secas sejam uma melhor alternativa para o fornecimento de aditivos para animais em pastagens, por apresentar menor variabilidade quando comparada as demais formas.

Outro fator importante que se deve levar em consideração, é em relação à quantidade consumida de suplemento. Existe grande correlação entre quantidade

consumida de suplemento e a variação do consumo de suplemento. A ingestão média voluntária de suplementos parece estar inversamente relacionada com a variabilidade em porcentagem, ou seja, à medida que se aumenta o consumo de suplemento reduz o CV da ingestão (MANZANO et al., 2012).

O consumo e variabilidade do consumo de suplemento foi avaliado por Dixon et al. (2003). Apesar de utilizar tipos de suplementos diferentes, os autores notaram que os suplementos que apresentaram maior consumo de matéria seca tiveram menor CV. Da mesma forma, Foot et al. (1973), encontraram CV de 36% quando o consumo foi de 100 g/dia e diminuiu para 16% quando o consumo foi 453 g/dia, em ovelhas suplementadas com alimentos concentrado.

Entretanto, o que os autores não observam é que a gama de dispersão em gramas, aumenta quando há um aumento no consumo de suplemento. Multiplicando o CV com o consumo de matéria seca nota-se que a gama de dispersão, ou seja, a variação em g / dia é muito maior para os suplementos com maior consumo.

Dessa forma, parece que os suplementos de baixo consumo seriam mais adequados para o fornecimento de aditivos para animais em pastejo. No entanto, Ducker et al. (1981) avaliaram o consumo de suplemento em bloco por 4284 ovelhas e relataram que a proporção de ovelhas que não consumiram suplemento foi maior quando o consumo médio do rebanho era baixo e diminuiu à medida que o consumo médio de suplemento pelo rebanho aumentou. Corroborando com este, no terceiro experimento do trabalho de Dixon et al. (2003), os autores observaram que, quanto menor o consumo de suplemento, maior é a quantidade de animais que não consomem quantidades mensuráveis de suplemento.

3 EXPERIMENTO I: EFEITO DA ADIÇÃO DE NARASINA NA MISTURA MINERAL SOBRE O DESEMPENHO DE NOVILHAS NELORE ALIMENTADAS COM FORRAGEM

3.1 INTRODUÇÃO

Os ionóforos são aditivos alimentares capazes de alterar a população microbiana do rúmen. A população de bactérias gram-positivas produtoras de ácido láctico, acético, butírico e fórmico são sensíveis, enquanto que as bactérias gram-negativas produtoras de ácido propiônico e succínico são resistentes (TEDESCHI et al., 2003). Os protozoários e fungos também apresentam maior sensibilidade aos ionóforos (TOMKINS et al., 2015). Nesse sentido, os ionóforos geram impactos na fermentação ruminal, sendo relatado aumento da produção de ácido propiônico e redução do percentual de ácido acético e butírico (ELLIS et al., 2012; TOMKINS et al., 2015; VENDRAMINI et al., 2015), bem como menor produção de hidrogênio e metano (PATRA, 2012; TOMKINS et al., 2015).

A manipulação da fermentação ruminal causado pelos ionóforos afeta positivamente o desempenho de ruminantes, resultando em maior ganho de peso e menor consumo de alimento, consequentemente, melhoria na eficiência alimentar (GOODRICH et al., 1984; FIESER et al., 2007; DUFFIELD et al., 2012; BECK et al., 2014; GOLDER; LEAN, 2016).

A maioria das pesquisas que avaliaram a inclusão de ionóforos na alimentação de ruminantes foi realizada com dietas contendo principalmente grãos (DUFFIELD et al., 2012; ELLIS et al., 2012). Em uma metanálise sobre o efeito da lasalocida em ruminantes, Golder e Lean (2016) verificaram poucos estudos de animais em pastagem. Semelhante a este, Goodrich et al. (1984) reuniram 252 estudos que avaliaram o uso de monensina na alimentação de bovinos de corte, sendo apenas 24 trabalhos avaliados em animais recebendo dietas volumosas. Essa minoria de estudos pode ser devido à dificuldade de oferecer os aditivos para animais a pasto ou dietas volumosas.

Não há grandes dificuldades no fornecimento de ionóforos para animais alimentados com ração completa, uma vez que a quantidade diária ingerida de ração e aditivo sofrem menores variações. O fornecimento de aditivos para animais mantidos em pastagens, entretanto, apresenta certa dificuldade, pois há necessidade de um veículo que forneça doses corretas e frequência adequada para todos os indivíduos. O uso de ionóforos em misturas minerais pode ser uma alternativa. A literatura é bem divergente quanto ao efeito do uso de aditivos em animais em pastejo. Isso talvez seja explicado pela redução no consumo de suplemento, que resulta em consumo e desempenho abaixo do esperado (BAGLEY et al., 1988).

Informações sobre uso de narasina em ruminantes ainda são escassos na literatura. Segundo Nagaraja et al. (1987), a narasina provou ser eficaz, aumentou a proporção molar de propionato, diminuindo assim relação acetato:propionato em um ensaio *in vitro* comparando com controle e outros ionóforos.

Os objetivos deste estudo foram avaliar: a variação diária do consumo de mistura mineral; o efeito do ionóforo (narasina) no ganho médio diário (GMD); o consumo de matéria seca (CMS); o consumo de mistura mineral (CMM) e a conversão alimentar (CA) de novilhas Nelore alimentadas com forragem.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

3.2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no confinamento experimental do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

3.2.2 Animais e instalações

Trinta novilhas Nelore, provenientes da Fazenda Figueira (Estação Experimental Agrozootécnica Hildegard Georgina Von Pritzelwiltz) situada no Município de Londrina – Paraná, com peso médio inicial de $222 \pm 3,0$ kg (média $\pm$

erro padrão) foram distribuídas por peso em 10 baias (três animais/baia) com um tamanho aproximado de 21 m², cobertas com piso de concreto, contendo cocho para fornecimento de ração, cocho para o fornecimento de sal e bebedouro.

3.2.3 Tratamentos experimentais

Os animais foram alimentados com forragem (pré-secado de *cynodon spp.*). A composição química da dieta experimental está apresentada na Tabela 3.

Tabela 3 - Composição química da forragem (pre-secado de *cynodon spp.*) utilizada no experimento

Composição química	%MS ¹
Matéria seca	49,8
Proteína bruta	11,8
Fibra insolúvel em detergente neutro	73,4
Fibra insolúvel em detergente ácido	37,4
Gordura total	3,1
Matéria mineral	6,5

Fonte: Silva (2016)

Legenda: ¹%MS = porcentagem em relação a matéria seca.

Os tratamentos experimentais foram formados de acordo com a adição de narasina na mistura mineral (COPLASAL 60®, Nutreco Brasil Nutrição Animal Ltda., Mirassol-SP), sendo eles:

0N – mistura mineral sem ionóforo.

6.5N – mistura mineral com adição de 650 mg de narasina/kg de mistura mineral.

13N – mistura mineral, com adição de 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral.

A composição da mistura mineral (COPLASAL 60®) utilizada está representada na Tabela 4.

Tabela 4 – Níveis de garantia por kg do produto COPLASAL 60®, Nutreco Brasil Nutrição Animal Ltda, Mirassol-SP, indicado pelo fabricante

Minerais	Min ¹	Max ²
Minerais (g/kg)		
Cálcio	158	198
Fósforo	60	-
Enxofre	17	-
Sódio	135	-
Minerais (mg/kg)		
Magnésio	5000	-
Cobre	650	-
Manganês	500	-
Zinco	2400	-
Iodo	48	-
Cobalto	38	-
Selênio	12	-
Flúor	-	1000

Fonte: Silva (2016)

Legenda: ¹Min = quantidade mínima por kg do produto. ²Max = quantidade máxima por kg do produto.

3.2.4 Manejo alimentar e pesagens

O experimento foi composto por 3 períodos experimentais de 35 dias cada, sendo 7 dias de adaptação e 28 dias de tratamento. Os 7 dias de adaptação do período 2 e 3 serviram como um período tampão (*wash-out*) para remoção do efeito residual da concentração de narasina do período anterior. Durante os 7 dias dos períodos de adaptação, por sua vez, os animais tiveram acesso *ad libitum* à forragem, mistura mineral comercial sem ionóforo e água.

Figura 1 – Esquema de distribuição dos tratamentos e períodos experimentais

Baía =>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1° Per.	0N	6,5N	13N	0N	6,5N	13N	0N	6,5N	13N	0N
2° Per.	6,5N	13N	0N	6,5N	13N	0N	6,5N	13N	0N	6,5N
3° Per.	13N	0N	6,5N	13N	0N	6,5N	13N	0N	6,5N	13N

Fonte: Silva (2016)

Legenda: Per. = período experimental. 0N, 6,5N e 13N = tratamentos experimentais.

O ganho médio diário foi acompanhado por meio de pesagens (Beckhauser®, idBeck 3.0 – precisão 1.00 kg) dos animais no dia 8 e 35 de cada período experimental após um jejum sólido de 14 horas.

O pré-secado de *Cynodon spp.* foi picado grosseiramente utilizando-se um picador moedor (Silver®, DFS 20E – sem peneira). O alimento volumoso foi fornecido diariamente *ad libitum*. As misturas minerais, por se tratarem de quantidades pequenas e para o maior controle das concentrações de narsina, foram misturadas manualmente.

Os animais tiveram acesso *ad libitum* à forragem, mistura mineral e água fresca. A quantidade de forragem ofertada foi definida com base na leitura de cocho realizada antes do fornecimento, as sobras foram mantidas em aproximadamente 10% da quantidade ofertada e foram novamente ofertadas fazendo parte da oferta do dia. As sobras eram retiradas semanalmente para determinar o CMS. As ofertas e sobras foram pesadas (Marte®, LC100 – precisão 0,05 kg) e amostradas e, em seguida, foram conservadas a -17° C para posterior análise.

As misturas minerais foram fornecidas em cochos específicos, que permitiam acesso somente de um animal por vez, ao lado do bebedouro e oposto ao comedouro. A quantidade de mistura mineral ofertada era de acordo com a quantidade de sobras do dia anterior. As ofertas eram feitas para que houvesse um total de 150 g de sobras. As ofertas e a sobras foram mensuradas (Marte®, AS 5500C – precisão 0,01 g) e realizada a análise de matéria seca diariamente, para determinar o CMM diário. A cada mistura mineral uma amostra foi colhida e armazenada em temperatura -17° C.

O teor de proteína bruta (PB) foi obtido mediante combustão das amostras segundo o método Dumas, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio LECO

Corp., TruMac N – St. Joseph-MI, EUA (WILLES et al., 1998). A determinação dos teores de gordura total foi realizada em sistema de extração por fluído supercrítico (LECO Corp., TFE2000 – St. Joseph-MI, EUA). Matéria mineral (MM) foi conforme AOAC (1995). Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com o método proposto por Van Soest et al. (1991).

3.2.5 Delineamento e análise estatística

Foi utilizado o delineamento *change-over* (3 tratamentos x 3 períodos x 10 baias), sendo que todos animais passaram por todos tratamentos, conforme demonstrado esquematicamente na Figura 1. O modelo experimental foi composto pelo efeito do tratamento, do período, da baia e do erro experimental. A unidade experimental foram as baias. Antes de realizar a análise estatística, todos os dados foram submetidos ao teste de *Shapiro Wilk* para avaliação da normalidade dos resíduos e os *outliers* foram retirados do conjunto de dados. A homogeneidade das variâncias foi avaliada usando o teste de *Levene*. Conjunto de dados que não respeitou tais premissas foram submetidos a transformações logarítmicas. A comparação entre as médias dos tratamentos foi pelo teste de PDIFF, ao nível de 5% de significância.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os animais que receberam o tratamento 13N apresentaram maior ganho médio diário ($P = 0,02$). O GMD dos animais do tratamento 13N foi de 482 g/dia, sendo 96 e 70 g de ganho a mais em relação aos animais dos tratamentos 0N e 6,5N, respectivamente (Tabela 5). O aumento no GMD foi de 16% em relação ao tratamento 0N (Controle) e 12% em relação ao tratamento 6,5N. O tratamento 13N conseqüentemente diminuiu a conversão alimentar ($P = 0,05$) comparando com animais do grupo que receberam os tratamentos 0N e 6,5N (Tabela 5), sendo

observada redução de 25% e 19% comparado com o tratamento 0N (controle) e 6,5N, respectivamente.

Não há informações na literatura sobre o efeito da narasina no desempenho de ruminantes. Entretanto, a utilização de outros ionóforos apresenta efeitos similares. Na metanálise de Goodrich et al. (1984), avaliou 24 estudos com animais em pastagens tratados com monensin. Os autores observaram melhora no ganho médio diário de 82 g/dia. Golder e Lean (2016), num total de 31 trabalhos com dose média de lasalocida variando de 108 a 232 mg/dia, observaram aumento no GMD de 40 g/dia. Bagley et al. (1988) observaram efeito linear crescente no GMD de bovinos alimentados com forragem e suplementados com 0, 50, 100 e 150 mg de salinomicina/dia.

Em um de seus experimentos, Potter et al. (1976) avaliaram o efeito de doses de monensina (0, 50, 100, 200, 300, 400 mg de monensina/animal/dia) e verificaram que a dose de 200 mg/animal/dia foi a melhor dentre as outras concentrações, pois aumentou o ganho médio diário sem afetar o consumo de alimento, permitindo uma redução de 14,4% na conversão alimentar.

Esse desempenho positivo pode ser devido às mudanças na proporção de ácidos graxos de cadeia curta causados pela adição de ionóforos, aumento das concentrações de ácido propiônico e redução do percentual de ácido butírico e acético (ELLIS et al., 2012; TOMKINS et al., 2015; VENDRAMINI et al., 2015), proporcionando, assim, um aumento do fluxo hepático de gliconeogênese a partir do propionato e melhora do metabolismo energético (BAIRD et al., 1980).

Outro evento que pode ter vindo a proporcionar aumento no GMD seria a redução na emissão de metano entérico. Segundo McGuffey et al. (2001), 12% da energia bruta dos alimentos pode ser perdida com a eructação de metano. Os ionóforos reduzem a produção de metano em 30% (RUSSELL; STROBEL, 1989; TEDESCHI et al., 2003; PATRA, 2012; TOMKINS et al., 2015), ou seja, melhoram a eficiência de retenção de energia advindo da dieta.

Tabela 5 – Desempenho, consumo de matéria seca e consumo de mistura mineral de novilhas alimentadas com forragem (pré-secado) recebendo doses de narasina via mistura mineral

Itens ¹	Tratamentos ²			EPM ³	Efeito ⁴
	0N	6,5N	13N		P
GMD, kg	0,386 ^b	0,412 ^b	0,482 ^a	0,04	0,02
CMS, kg	4,8	4,9	4,7	0,05	0,69
CA	12,7 ^b	11,7 ^b	9,5 ^a	5,72	0,05
CMM, g	60,7	55,6	57,4	1,69	0,75

Fonte: Silva (2016)

Legenda: ¹GMD = ganho médio diário; CMS = consumo de matéria seca; CA = conversão alimentar; CMM = consumo de mistura mineral. ²0N = mistura mineral comercial; 6,5N = mistura mineral comercial com adição de 650 mg de narasina/kg de mistura mineral; 13N = mistura mineral comercial com adição de 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral. ³EPM = erro padrão da média. ⁴P = significativo quando $P \leq 0,05$. ^{a,b} letras distintas na mesma linha diferem estatisticamente.

Segundo Nagaraja et al. (1987), a narasina mostrou ser mais potente no aumento da produção de propionato e redução na relação acetato propionato do que lasalocida e monensina em ensaios *in vitro*. Segundo o mesmo autor, metade da dose de narasina foi capaz de obter o mesmo resultado que a monensina na produção de propionato. Wuethrich et al. (1998) relataram que a administração de narasina melhora a digestibilidade aparente de nitrogênio, diminuiu o nitrogênio fecal e aumentou as concentrações relativas de ácido propiônico no intestino grosso de suínos. Nesse sentido, o aumento no ganho médio diário e a melhora na conversão alimentar dos animais que receberam o tratamento 13N, neste estudo, pode ter sido devido a uma manipulação da fermentação ruminal, na qual melhorou a eficiência do metabolismo energético e redução de perdas energéticas na forma de gases provindos da fermentação ruminal.

No presente experimento, o consumo de matéria seca não foi afetado pela inclusão de narasina. O CMS foi de 4,8, 4,9 e 4,7 kg/dia ($P = 0,69$) para os tratamentos 0N, 6,5N e 13N, respectivamente (Tabela 5). Há poucas informações do efeito da narasina sobre o consumo de matéria seca, principalmente em dietas contendo alto teor de volumoso. No entanto, outros ionóforos já foram avaliados em alguns experimentos. Potter et al. (1976) avaliaram o efeito de diferentes doses de monensina (0, 50, 100, 200, 300 e 400 mg de monensina/animal/dia) em bovinos alimentados no cocho com capim (gramínea e leguminosas), mostram que as

concentrações de 300 e 400 mg/animal/dia deprimem o consumo de alimento em relação ao controle. Tomkins et al. (2015) observaram que a adição de 250 mg de monensina/dia diminuiu o CMS em aproximadamente 18% em bovinos recebendo forragem de baixa qualidade. Golder e Lean (2016), em uma metanálise, não observaram redução na ingestão de matéria seca de bovinos alimentados com lasalocida, entretanto, quando os autores fizeram uma meta regressão extrapolando doses maiores que 200 mg de lasalocida/dia e o tempo de duração maior que 100 dias, encontraram uma redução linear no CMS. Ou seja, doses elevadas de ionóforos acima de 200 mg / dia prejudicam o CMS.

O mecanismo de redução de consumo de alimentos volumoso pelos ionóforos não é bem explicado, entretanto, a monensina tem um efeito negativo na motilidade ruminal, o que poderia ser o mecanismo pelo qual a monensina pode vir a afetar o consumo de forragem (DESWYSEN et al., 1987). A narasina não afetou o CMS no presente estudo, entretanto, as dosagens de narasina consumida foram inferiores as doses dos ionóforo citado a cima.

O consumo de mistura mineral não foi afetado pela inclusão de narasina nesse estudo. O CMM foi de 60,7, 55,6 e 57,4 g/dia ($P = 0,75$) para os tratamentos 0N, 6,5N e 13N, respectivamente (Tabela 5). Este consumo corresponde a 0, 36,1 e 74,6 mg de narasina. Diferentemente aos dados desse estudo, Fieser et al. (2007) com uma inclusão de 1785 mg de monensina/kg de mistura mineral observaram diminuição da ingestão diária do suplemento em 63% no primeiro e 55% no segundo ano. Resultados semelhantes foram encontrados por Beck et al. (2014), onde a inclusão de monensina na mistura mineral reduziu em 37% o CMM. Apesar das concentrações de narasina na mistura mineral presente nesse estudo serem menores que os trabalhos de Fieser et al. (2007) e Beck et al. (2014), o CMM não foi afetado pela inclusão de 1300 g de narasina/kg de mistura mineral, ou seja, não alterou o consumo do suplemento do presente estudo.

Os resultados indicam que houve variação do CMM entre baias (Figura 2). O consumo do tratamento 0N (controle) variou de 25 a 125 g/dia com um desvio padrão de 33,6 g/dia, semelhante ao tratamento 6,5N que apresentou variação de 7 a 168 g/dia e desvio padrão de 52,6 g/dia já o tratamento 13N variou de 14 a 122 g/dia com desvio padrão de 33,7 g/dia (Figura 2). Sendo assim, os dados do CMM apresentaram grande variação, independentemente da adição de narasina. Outra constatação importante foi que a variação no CMM entre as baias foi um fator que

impacta o consumo. Diante disso, o delineamento utilizado no experimento (em reversão) possibilitou que todas as baias passassem por todos os tratamentos para amenizar o efeito da variação do CMM. A variação no CMM diária não é muito bem documentada, mas Tait e Fisher (1996) também descreveram uma dispersão no CMM semelhante (50 a 300 g/dia) e a maioria dos animais consumiram entre 100 a 200 g/dia de mistura mineral. Na literatura temos poucos trabalhos sobre a variação do CMM por animal e não sabemos quais os fatores que interferem no CMM em animais sob as mesmas condições experimentais.

Figura 2 - Consumo médio e desvio padrão (g / animal / dia) de mistura mineral por baía

Fonte: Silva (2016)

Legenda: CMM = consumo de mistura mineral.

Houve também uma variação no CMM dos animais ao longo do período experimental, e essa variação foi semelhante entre tratamentos (Figura 3). A variação diária do CMM foi de 27 a 79 g/dia e desvio padrão de 33,6 g/dia, 27 a 84 g e desvio padrão de 52,6 g/dia e 29 a 82 g/dia e desvio padrão de 40,6 g/dia, para os tratamentos 0N, 6,5N e 13N, respectivamente (Figura 3). Do mesmo modo que ocorre variação do CMM por baia, há também uma grande variação no CMM de acordo com o dia. Esses dados diferem dos apresentados por Fieser et al. (2007) em que constataram que bovinos tratados com monensina tiveram maior variação no CMM. Entretanto, os resultados obtidos pelos autores mostram que a adição de monensina na mistura mineral reduziu o CMM. Segundo Dixon et al. (2003), os suplementos que apresentaram maior consumo de matéria seca tiveram menor coeficiente de variação (CV). Nesse sentido, a variação do consumo do suplemento mineral pode estar relacionada com a quantidade consumida do suplemento e não com a presença do ionóforo.

Conforme mencionado anteriormente, por se tratarem de quantidades pequenas, não é surpresa a variação no consumo de minerais. Outros autores já reportaram essa variação semanal no CMM (FIESER et al., 2007; BECK et al., 2014). Entretanto, há poucas informações sobre o CMM diária. O presente trabalho mostra como os ruminantes consomem o suplemento mineral oferecido *ad libitum*. Houve variação diária considerável no consumo, o que não estava tão claro na literatura disponível.

Figura 3 – Consumo médio e desvio padrão (g / animal) de mistura mineral diário

Fonte: Silva (2016)

Legenda: CMM = consumo de mistura mineral.

Fieser et al. (2007) realizaram dois experimentos ao longo de dois anos e o efeito positivo da monensina no desempenho dos animais foi observado apenas no primeiro ano. Por sua vez, Bagley et al. (1988) também não observaram efeito no GMD de bovinos suplementados com salinomicina via mistura mineral. Não sabemos como é o efeito dos ionóforos em diversas frequências de consumo. Essa variação pode ser a causa da inconsistência dos resultados de animais em pastejo em que foi utilizado suplementos minerais como veículo para o fornecimento de ionóforos. Sendo assim, é de grande importância avaliar a variação em que os animais estão recebendo as concentrações do aditivo para entender melhor seus efeitos.

3.4 CONCLUSÃO

A inclusão de 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral não afetou o CMM e nem o CMS, entretanto, aumentou o GMD e melhorou a CA mesmo com uma grande variação diária no consumo de mistura mineral.

Houve uma grande variação no CMM, entretanto, essa variação não aumentou nem diminuiu de acordo com a inclusão de narasina na mistura mineral.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC international**. 16th ed. Arlington: AOAC, 1995. v. 2, chap. 33, p. 10-11.

BAGLEY, C. P.; FEAZEL, J. I.; MORRISON, D. G.; LUCAS, D. M. Effects of salinomycin on ruminal characteristics and performance of grazing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 792-797, 1988.

BAIRD, G. D.; LOMAX, M. A.; SYMONDS, H. W.; SHAW, S. R. Net hepatic and splanchnic metabolism of lactate, pyruvate and propionate in dairy cows in vivo in relation to lactation and nutrient supply. **Biochemical Journal**, v. 186, p. 47-57, 1980.

BECK, P.; HESS, T.; HUBBELL, D.; HUFSTEDLER, G. D.; FIESER, B.; CALDWELL, J. Additive effects of growth promoting technologies on performance of grazing steers and economics of the wheat pasture enterprise. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 1219-1227, 2014.

DESWYNSEN, A. G.; ELLIS, W. C.; POND, K. R.; JENKINS, W. L.; CONNELLY, J. Effects of monensin on voluntary intake, eating and ruminating behavior and ruminal motility in heifers fed corn silage. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 827-834, 1987.

DIXON, R. M.; WHITE, A.; FRY, P.; PETHERICK, J. C. Effects of supplement type and previous experience on variability in intake of supplements by heifers. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, p. 529-540, 2003.

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, 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**, v. 90, p. 2717-2726, 2012.

FIESER, B. G.; HORN, G. W.; EDWARDS, J. T. Effects of energy, mineral supplementation, or both, in combination with monensin on performance of steers grazing winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 3470-3480, 2007.

GOLDER, H. M.; LEAN, I. J. A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 306-326, 2016.

GOODRICH, R. D.; GARRETT, J. E.; GAST, D. R.; KIRICK, M. A.; LARSON, D. A.; MEISKE, J. C. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1484-1498, 1984.

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, p. E194-E203, 2001. Supplement, E.

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

PATRA, A. K. Enteric methane mitigation technologies for ruminant livestock: a synthesis of current research and future directions. **Environ Monit Assess**, v. 184, p. 1929-1952, 2012.

POTTER, E. L.; COOLEY, C. O.; RICHARDSON, L. F.; RAUN, A. P.; RATHMACHER, R. P. Effect of monensin on performance of cattle fed forage. **Journal of Animal Science**, v. 43, n. 3, p. 665-669, 1976.

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

TAIT, R. M.; FISHER, L. J. Variability in individual animal's intake of minerals offered free-choice to grazing ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, p. 69-76, 1996.

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

TOMKINS, N. W.; DENMAN, S. E.; PILAJUN, R.; WANAPAT, M.; McSWEENEY, C. S.; ELLIOTT, R. Manipulation rumen fermentation and methanogenesis using an essential oil and monensin in beef cattle fed a tropical grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v. 200, p. 25-34, 2015.

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

VENDRAMINI, J. M. B.; SANCHEZ, J. M. D.; COOKE, R. F.; AGUIAR, A. D.; MORIEL, P.; SILVA, W. L.; CUNHA, O. F. R.; FERREIRA, P. D. S.; PEREIRA, A. C. Stocking rate and monensin supplemental level effects on growth performance of beef cattle consuming warm-season grasses. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 3682-3689, 2015.

WILLES, P. G.; GRAY, I. K.; KISSING, R. C. Routine analysis of proteins by kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of the AOAC Internacional**, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

WUETHRICH, A.J.; RICHARDSON, L. F.; MOWREY, D .H.; PAXTON, R. E.; ANDERSON, D. B. The effect of narasin on apparent nitrogen digestibility and large intestine volatile fatty acid concentrations on finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1056-1063, 1998.

4 EXPERIMENTO II: EFEITO DA ADIÇÃO DE NARASINA NA MISTURA MINERAL SOBRE O DESEMPENHO DE NOVILHAS NELORE ALIMENTADAS COM DIETA CONTENDO ALTO TEOR DE CONCENTRADO

4.1 INTRODUÇÃO

Os ionóforos são moléculas capazes de manipular a fermentação do rúmen, resultando em alterações metabólicas favoráveis na fermentação. As alterações favoráveis na fermentação ruminal são: aumento das concentrações de ácido propiônico e redução do percentual de ácido butírico e acético (ELLIS et al., 2012), redução da produção de metano (TEDESCHI et al., 2003; PATRA, 2012), diminuição da concentração de ácido láctico e estabilização do pH (GUAN et al., 2006). Diante disso, impactos positivos na produção de ruminantes, como redução no consumo de alimento, aumento no ganho de peso e, conseqüentemente, melhorias na eficiência alimentar já estão bastante reportadas na literatura (DUFFIELD et al., 2012).

O desempenho de ruminantes confinados recebendo ionóforos já é bastante documentado. Em uma revisão realizada por Tedeschi et al. (2003), a inclusão de monensina aumentou o ganho de peso 1,6 a 1,8% e reduziu o consumo de 4 a 6% em bovinos confinados. Da mesma forma, Goodrich et al. (1984) reuniram 201 estudos de animais recebendo dietas contendo altos teores de energia e observaram um aumento de 8% na eficiência.

A narasina é um ionóforo poliéster produzido por bactérias *Streptomyces aureofaciens*. As bactérias gram-positivas, bactérias anaeróbicas e fungos são sensíveis ao ionóforo podendo aumentar a eficiência alimentar em ruminantes (BERG; HAMILL, 1978). A narasina é utilizada principalmente para prevenir coccidioses em aves domésticas (JEFFERS et al., 1988) e em alguns trabalhos como promotores de crescimento para suínos (WUETHRICH et al., 1998; ARKFELD et al., 2015). Nagaraja et al. (1987) observaram que a narasina é um ionóforo capaz de aumentar a produção de propionato, reduzir a relação acetato:propionato, reduzir a produção de lactato total e elevar o pH em ensaios de fermentação *in vitro*. Nesse contexto, a narasina pode vir a ser capaz de manipular de forma positiva a

fermentação ruminal, promovendo resultados positivos no desempenho de ruminantes alimentados com dietas contendo alto teor de energia.

Os objetivos deste estudo foram avaliar a variação diária do consumo de mistura mineral, avaliar o efeito do ionóforo (narasina) no ganho médio diário (GMD), consumo de matéria seca (CMS), consumo de mistura mineral (CMM) e conversão alimentar (CA) de novilhas alimentadas com dietas contendo alto teor de concentrado.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

4.2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no confinamento experimental do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), entre os meses de fevereiro a junho de 2014.

4.2.2 Animais e instalações

Sessenta novilhas Nelore, provenientes da Fazenda Cavalinho (Grupo Claritas Ltda.) localizada no Município de São Pedro – São Paulo, de aproximadamente 12 meses de idade com peso médio inicial de $245 \pm 4,3$ kg (média $\pm$ erro padrão) foram distribuídas por peso em 20 baias (3 animais/baia) com um tamanho aproximado de 15 m^2 , cobertas com piso de concreto, contendo cocho para fornecimento de ração, cocho para o fornecimento de sal e bebedouro.

4.2.3 Tratamentos experimentais

As novilhas foram alimentadas diariamente com uma dieta contendo 16% de bagaço de cana e 84% de concentrado *ad libitum*. A composição química da dieta experimental está apresentada na Tabela 6.

Tabela 6 - Proporção dos ingredientes e composição química da ração utilizada no experimento

Itens	%MS ¹
Alimentos	
Bagaço de cana	15,8
Milho moído	70,8
Farelo de soja	12,9
Ureia	0,5
Composição química	
Matéria seca	69,9
Proteína bruta	14,6
Fibra insolúvel em detergente neutro	29,1
Fibra insolúvel em detergente ácido	14,6
Gordura total	3,6
Matéria mineral	4,6

Fonte: Silva (2016).

Legenda: ¹%MS = porcentagem da matéria seca.

Os tratamentos experimentais foram definidos de acordos com a adição de narasina na mistura mineral (COPLASAL 60®, Nutreco Brasil Nutrição Animal Ltda., Mirassol-SP):

Controle – mistura mineral sem ionóforo.

Narasina – mistura mineral, com adição de 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral.

A composição da mistura mineral utilizada está representada na tabela 7.

Tabela 7 - Níveis de garantia por kg do produto COPLASAL 60®, Nutreco Brasil Nutrição Animal Ltda, Mirassol-SP, indicado pelo fabricante

Minerais	Min ¹	Max ²
Minerais (g/kg)		
Cálcio	158	198
Fósforo	60	-
Enxofre	17	-
Sódio	135	-
Minerais (mg/kg)		
Magnésio	5000	-
Cobre	650	-
Manganês	500	-
Zinco	2400	-
Iodo	48	-
Cobalto	38	-
Selênio	12	-
Flúor	-	1000

Fonte: Silva (2016).

Legenda: ¹Min = quantidade mínima por kg do produto; ²Max = quantidade máxima por kg do produto.

4.2.4 Manejo alimentar e pesagens

O experimento foi composto por 2 períodos experimentais de 35 dias cada, sendo 7 dias de adaptação e 28 dias de tratamento. Os 7 dias de adaptação entre os períodos serviram como um período tampão (*wash-out*) para remoção do efeito residual da concentração de narasina do período anterior. Durante os 7 dias do período de adaptação, por sua vez, os animais tiveram acesso *ad libitum* a ração, mistura mineral comercial sem ionóforo e água.

O ganho médio diário (GMD) foi acompanhado por meio de pesagens (Beckhauser®, idBeck 3.0 – precisão 1.00 kg) dos animais nos dias 8 e 35 de cada período experimental após um jejum sólido de 14 horas.

Os animais foram alimentados diariamente. Para homogeneização da dieta, utilizou-se um vagão misturador (Casale®, TMX 20), equipado com uma balança

(Welmy®, W300 – precisão 0,05 kg). A ração foi fornecida na forma de mistura total em quantidade a permitir 5% de sobras.

Os animais tiveram acesso *ad libitum* à ração, mistura mineral e água fresca. A quantidade de ração ofertada foi definida com base na leitura de cocho realizada antes do fornecimento. As sobras foram mantidas em aproximadamente 5% da quantidade ofertada e foram novamente ofertadas fazendo parte da oferta do dia. As sobras eram retiradas semanalmente para determinar o CMS. As ofertas e sobras foram pesadas (Welmy®, W300 – precisão 0,05 kg) e amostradas, sendo em seguida, foram conservadas a -17° C para posterior análise.

As misturas minerais, por se tratarem de quantidades pequenas e para o maior controle das concentrações de niasina, foram misturadas manualmente. A quantidade de mistura mineral ofertada era de acordo com a quantidade de sobras do dia anterior, permitindo sobras totais de 150 g. As ofertas e sobras foram mensuradas diariamente (Marte®, AS 5500C – precisão 0,01 g) e realizada a análise de matéria seca, para determinar o CMM diário. A cada mistura mineral uma amostra foi colhida e armazenada em temperatura -17° C.

O teor de proteína bruta (PB) foi obtido mediante combustão das amostras segundo o método Dumas, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio LECO Corp., TruMac N – St. Joseph-MI, EUA (WILLES et al., 1998). A determinação dos teores de gordura total foi realizada em sistema de extração por fluído supercrítico (LECO Corp., TFE2000 – St. Joseph-MI, EUA). Matéria mineral (MM) foi conforme AOAC (1995). Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com o método proposto por Van Soest et al. (1991).

4.2.5 Delineamento e análise estatística

Adotou-se o delineamento de *cross-over* para realização do experimento. O modelo experimental foi composto pelo efeito do tratamento, do período, da baía e do erro experimental. A unidade experimental foram as baias. Antes de fazer a análise estatística, todos os dados foram submetidos ao teste de *Shapiro Wilk* para avaliação da normalidade dos resíduos e os *outliers* foram retirados do conjunto de

dados. A homogeneidade das variâncias foi avaliada usando o teste de *Levene*. Conjunto de dados que não respeitou tais premissas foram submetidos a transformações logarítmicas.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de mistura mineral não foi afetado pela inclusão de narasina nesse estudo. O consumo de mistura mineral foi de 57,7 e 55,6 g / dia ($P = 0,33$) para os tratamentos controle e narasina, respectivamente (Tabela 8). Alguns autores já descreveram que outro ionóforo (monensina) deprime o consumo deste tipo de suplemento em animais a pasto (FIESER et al., 2007; BECK et al., 2014), entretanto não há relatos na literatura a respeito do CMM de animais recebendo dietas com altos teores de concentrado, talvez por ser um método não aplicado na prática dos confinamentos.

No presente estudo, a concentração de narasina utilizada foi de 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral. Já as concentrações utilizadas por Fieser et al. (2007) e Beck et al. (2014) foram de 1785 mg monensina/kg de suplemento. Sendo assim, a possível explicação de que a narasina utilizada nesse estudo não afetou o consumo de mistura mineral foi pela baixa concentração utilizada. Entretanto, Bagley et al. (1988), utilizando concentrações de 1320 mg de salinomicina/kg de suplemento mineral, dose semelhante ao presente estudo, observaram que o consumo de suplemento contendo salinomicina diminuiu em relação ao controle (131 vs 65 g/animal/dia). Diante disso, a narasina parece não reduzir o consumo de suplementos minerais, assim como os demais ionóforos citados. Não há informações na literatura em que concentrações mais elevadas de narasina cause redução no consumo de suplementos para ruminantes.

A adição de narasina na mistura mineral não afetou o ganho médio diário ($P = 0,06$). O GMD foi 1,090 kg para o tratamento controle e 1,174 para o tratamento Narasina (Tabela 8). Esse resultado corrobora com as afirmações de Duffield et al. (2012), no qual os autores relatam que o efeito dos ionóforos em dietas com grandes concentrações de energia pode ser menor em aumentar o GMD e maior em reduzir a ingestão de matéria seca. Concordando com esta afirmação, Goodrich et al.

(1984) fizeram metanálise e encontraram um aumento de apenas 1,6% no ganho médio diário de animais recebendo dietas com alto teor de concentrado.

Tabela 8 – Desempenho, consumo de matéria seca e consumo de mistura mineral de novilhas alimentadas com ração (88% de concentrado) recebendo narasina via mistura mineral

Itens ¹	Tratamentos ²		EPM ³	Efeito ⁴ P
	Controle	Narasina		
GMD, kg	1,090	1,174	0,04	0,06
CMS, kg	6,59	6,55	0,25	0,56
CA	6,19	5,78	0,28	0,05
CMM, kg	57,67	55,62	11,88	0,33

Fonte: Silva (2016).

Legenda: ¹GMD = ganho médio diário; CMS = consumo de matéria seca; CA = conversão alimentar; CMM = consumo de mistura mineral. ²Controle = mistura mineral comercial; Narasina = mistura mineral comercial com adição de 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral. ³EPM = erro padrão da média. ⁴P = significativo quando $P \leq 0,05$.

O consumo de matéria seca não foi afetado pela inclusão de narasina nesse estudo ($P = 0,56$). Entretanto, estudos já documentados na literatura nos fornece informações diferentes do presente estudo, onde houve redução na ingestão de matéria seca com a adição de monensina (GOODRICH et al., 1984; GUAN et al., 2006; DUFFIELD et al., 2012). Goodrich et al. (1984) obtiveram uma redução de 6,4% no consumo, com dosagens média de 32 ppm de monensina. Duffield et al. (2012) relataram redução de 1,3% com doses de 28 ppm de monensina e Guan et al. (2006) também observaram redução no CMS de bovinos tratados com dieta com alto teor de energia e aditivados com 33 ppm de monensina. Um dos mecanismos pelo qual a monensina pode causar redução no consumo de matéria seca é devido mudanças na proporção de ácidos graxos de cadeia curta, causado pela adição de monensina e reportado por Ellis et al. (2012), onde há um aumento nas concentrações de ácido propiônico e redução do percentual de ácido butírico e acético. Por sua vez, Allen et al. (2009) relataram que o propionato é mais hipofágico que acetato e butirato quando infundido na veia porta, veia mesentérica ou direto no rúmen. Diante disso, é fácil entender que os ionóforos melhoram a eficiência com

que os alimentos são fermentados no rúmen, diminuindo assim o consumo de matéria seca devido ao aumento da absorção de energia.

O consumo de narasina foi menor (10,94 mg/kg de MS) em relação ao proposto (13 mg/kg de MS). Isso ocorreu porque o consumo de matéria seca estimado no início do experimento foi de 6 kg e o consumo de mistura mineral 60 g. Entretanto, o consumo de matéria seca foi maior e o consumo de mistura mineral menor do que o estimado no início do experimento. Diante desse fato, possivelmente essa concentração não foi suficiente para aumentar a eficiência da digestão ao ponto de reduzir o CMS.

Apesar do aditivo não ter apresentado efeito no ganho médio diário ou no consumo de matéria seca, a adição de 1300 mg de narasina/kg de mistura mineral melhorou a conversão alimentar ($P = 0,05$) em novilhas alimentadas com dietas contendo alto teor de concentrado. A conversão alimentar foi de 6,19 e 5,78, para os tratamentos controle e narasina, respectivamente (Tabela 8). Houve uma diminuição de aproximadamente 7% na conversão alimentar dos animais tratados com narasina em relação ao controle. Resultados semelhantes ao presente estudo foram reportados por Goodrich et al. (1984). Os autores reuniram 201 trabalhos de animais recebendo dietas com alto teores de energia aditivados com 246 mg de monensina/dia, observaram redução de 6,4% no consumo de matéria seca, aumento de 1,6% no ganho médio diário, conseqüentemente, redução de 8% da conversão alimentar. Duffield et al. (2012) em metanálise, observaram que a monensina reduziu em 0,268 kg/dia a ingestão de matéria seca e aumentou 0,029 kg/dia o ganho médio diário, por sua vez, melhorou a conversão alimentar.

O efeito dos ionóforos na conversão alimentar provavelmente é devido ao aumento do fornecimento de propionato ao fígado. Como já mencionado anteriormente, a monensina em bovinos alimentados com dietas contendo altas concentrações de energia em sua composição aumenta a proporção molar de propionato e reduz a concentração de butirato, conseqüentemente, e ainda houve redução na relação acetato:propionato (ELLIS et al., 2012). Nesse sentido, ocorre um aumento da concentração de propionato no tecido hepático, que por sua vez, aumenta gliconeogênese a partir desse substrato e melhora do metabolismo energético (BAIRD et al., 1980). Além disso, a rota metabólica para formação de ácido propiônico durante a fermentação ruminal perde menores quantidades de carbono que a formação de ácido acético e butírico (KOZLOSKI, 2009). Segundo o

mesmo autor, se a relação acetato propionato diminuir, maior proporção de energia original do substrato é absorvida pelo ruminante como ácidos graxos de cadeia curta.

Houve grande variação no CMM por baia (figura 4). O tratamento Controle consumiu entre 30 a 122 g/dia, com desvio padrão de 37,5 g/dia. Já o tratamento Narasina teve um consumo entre 20 a 120 g/dia, e um desvio padrão de 35,9 g/dia. A gama de dispersão do consumo de mistura mineral e o desvio padrão por baia encontrado neste estudo foi semelhante ao encontrado no experimento I (mesma concentração de narasina do presente estudo). Quando novilhas foram alimentadas apenas com volumoso foi observado uma dispersão no CMM de aproximadamente 100 g para o tratamento controle e 108 g para o tratamento narasina e o desvio padrão na IMM foi de 33,6 e 33,7 g para os tratamentos controle e narasina, respectivamente. Apesar do consumo ter sido maior, Tait e Fisher (1996) observaram uma amplitude semelhante a este estudo, em que a maioria dos animais em pastejo estava a consumir entre 100 a 200 g/dia de mistura mineral. Nesse sentido, conclui-se que, independentemente do tipo ou qualidade do alimento consumido, a variação do CMM permanece a mesma.

Figura 4 - Consumo médio e desvio padrão de mistura mineral por baía

Fonte: Silva (2016).

Legenda: CMM = consumo de mistura mineral.

A figura 5 nos mostra que também houve uma variação no CMM ao longo dos dias no decorrer no experimento e o padrão de consumo se assemelham entre os tratamentos, ou seja, o CMM diário é semelhante comparando o tratamento controle e narasina. A amplitude do CMM diário foi de 35 a 92 g para o tratamento controle e 31 a 80 g para o tratamento narasina. Apesar de ser outro ionóforo e a concentração menor, este estudo não concorda com a hipótese de Fieser et al. (2007), que diz haver um aumento na variação do CMM em bovinos suplementados com 1850 mg de monensina / kg de mistura mineral em comparação ao controle. Entretanto, os

autores observaram que o consumo do suplemento mineral diminuiu em relação ao controle. Segundo Dixon et al. (2003), os suplementos que apresentaram maior consumo de matéria seca tiveram menor coeficiente de variação.

Figura 5 - Consumo médio e desvio padrão de mistura mineral diário

Fonte: Silva (2016).

Legenda: CMM = consumo de mistura mineral.

Alguns autores relataram essa variação no CMM de animais em pastejo (FIESER et al., 2007; BECK et al., 2014), entretanto, a variação estava diluída ao longo dos dias (semana) e na quantidade de animais presentes em cada lote.

Existem vários fatores que influenciam o consumo de misturas minerais como, fertilidade do solo, tipo de forragem consumida, teor de sal na água (McDOWEL, 1996). Arthington e Swensont (2004) correlacionam a oscilação no CMM com mudanças na precipitação, temperatura e as fases de produção animal. Entretanto, este estudo nos mostra que em condições similares para todos animais, ou seja, mesma dieta, água e temperatura, a variação do CMM individual é bastante significativa.

4.4 CONCLUSÃO

Em novilhas alimentadas com dietas contendo alto teor de concentrado a administração de narasina via mistura mineral (1300 mg de narasina/kg de mistura mineral) não afeta o GMD, CMS e CMM, entretanto, reduz a conversão alimentar.

Há uma grande variação no CMM diário e individual em ruminantes. Mesmo com a oscilação no consumo do suplemento, o ionóforo foi eficiente em melhorar a conversão alimentar.

REFERÊNCIAS

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: the hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3317-3334, 2009.

ARKFELD, K. E.; CARR, S. N.; RINCKER, P. J.; GRUBER, S. L.; ALLEE, G. L.; DILGER, A. C.; BOLER, D. D. Effects of narasin (Skycis) on live performance and carcass traits of finishing pigs sold in a three-phase marketing system. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 5028-5035, 2015.

ARTHINGTON, J. D.; SWENSON, C. K. Effects of trace mineral source and feeding method on the productivity of grazing Braford cows. **The Professional Animal Scientist**, v. 20, n. 2, p. 155-161, 2004.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC international**. 16th ed. Arlington: AOAC, 1995. v. 2, chap. 33, p. 10-11.

BAGLEY, C. P.; FEAZEL, J. I.; MORRISON, D. G.; LUCAS, D. M. Effects of salinomycin on ruminal characteristics and performance of grazing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 792-797, 1988.

BAIRD, G. D.; LOMAX, M. A.; SYMONDS, H. W.; SHAW, S. R. Net hepatic and splanchnic metabolism of lactate, pyruvate and propionate in dairy cows in vivo in relation to lactation and nutrient supply. **Biochemical Journal**, v. 186, p. 47-57, 1980.

BECK, P.; HESS, T.; HUBBELL, D.; HUFSTEDLER, G. D.; FIESER, B.; CALDWELL, J. Additive effects of growth promoting technologies on performance of grazing steers and economics of the wheat pasture enterprise. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 1219-1227, 2014.

BERG, D. H.; HAMILL, R. L. The isolation and characterization of narasin, a new polyether antibiotic. **The Journal of Antibiotics**, v. 31, n. 1, p. 1-6, 1978.

DIXON, R. M.; WHITE, A.; FRY, P.; PETHERICK, J. C. Effects of supplement type and previous experience on variability in intake of supplements by heifers.

Australian Journal of Agricultural Research, v. 54, p. 529-540, 2003.

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, 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**, v. 90, p. 2717-2726, 2012.

FIESER, B. G.; HORN, G. W.; EDWARDS, J. T. Effects of energy, mineral supplementation, or both, in combination with monensin on performance of steers grazing winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 3470-3480, 2007.

GOODRICH, R. D.; GARRETT, J. E.; GAST, D. R.; KIRICK, M. A.; LARSON, D. A.; MEISKE, J. C. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1484-1498, 1984.

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

JEFFERS, T. K.; TONKINSON, L. V.; CALLENDER, M. E.; SCHLEGEL, B. F.; REID, W. M. Anticoccidial efficacy of narasin in floor pen trials. **Poultry Science**, v. 67, n. 7, p. 1050-1057, 1988.

KOZLOSKI, G. V. Metabolismo microbiano ruminal. In: KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes**. Santa Maria: UFSM, 2009. p. 13-109.

McDOWELL, L. R. Feeding minerals to cattle on pasture. **Animal Feed Science and Technology**, v. 60, p. 247-271, 1996.

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

PATRA, A. K. Enteric methane mitigation technologies for ruminant livestock: a synthesis of current research and future directions. **Environ Monit Assess**, v. 184, p. 1929-1952, 2012.

TAIT, R. M.; FISHER, L. J. Variability in individual animal's intake of minerals offered free-choice to grazing ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, p. 69-76, 1996.

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

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

WILLES, P. G.; GRAY, I. K.; KISSING, R. C. Routine analysis of proteins by kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of the AOAC Internacional**, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

WUETHRICH, A.J.; RICHARDSON, L. F.; MOWREY, D .H.; PAXTON, R. E.; ANDERSON, D. B. The effect of narasin on apparent nitrogen digestibility and large intestine volatile fatty acid concentrations on finishing swine. **Journal of Animal Science**, v. 76, p. 1056-1063, 1998.

5 EXPERIMENTO III: EFEITO DA INCLUSÃO DE MILHO MOÍDO E CLORETO DE SÓDIO NA MISTURA MINERAL COMO ESTABILIZADORES DE CONSUMO DA MISTURA MINERAL PARA NOVILHAS NELORE

5.1 INTRODUÇÃO

Os minerais desempenham papéis importantes no metabolismo de energia, sistema imune e metabolismo oxidativo (OVERTON; YASUI, 2014) e a deficiência destes podem desencadear enfermidades expressas como crescimento insatisfatório e baixa produção (McDOWELL; ARTHINGTON, 2005; OLSON, 2007), resultando em perdas econômicas.

Raramente as forrageiras tropicais conseguem atender todas as exigências minerais dos ruminantes (McDOWELL; ARTHINGTON, 2005). Segundo os mesmos autores, os elementos minerais mais prováveis que faltem sob condições tropicais para ruminantes são Ca, P, Na, Co, Cu, I, Se e Zn e, em condições específicas, excessos de F, Mo e Se, o que pode ser extremamente prejudicial. Existem relatos na literatura que animais criados em regiões tropicais apresentam deficiência desses minerais (KUMARESAN et al., 2010; DERMAUW et al., 2013) e quando suplementados adequadamente apresentam maior desempenho, provavelmente devido à correção da deficiência mineral das pastagens (FIESER et al., 2007).

Diante da necessidade de suprir as exigências minerais de animais criados em pastagens tropicais, o uso de misturas minerais como veículo para o fornecimento de aditivos pode vir a ser uma boa alternativa para os produtores. No entanto, o consumo *ad libitum* de misturas minerais é muito variado entre os animais (TAIT; FISHER, 1996), podendo prejudicar a eficiência do aditivo. Em situações de consumo de doses inferiores, não se tem o desempenho esperado (POTTER et al., 1976; BAGLEY et al., 1988) e doses elevadas também podem prejudicar o desempenho (POTTER et al., 1976). Nessas circunstâncias o fornecimento de aditivos para animais mantidos em pastagens apresenta certa dificuldade, pois há necessidade de um veículo que forneça doses corretas e frequência adequada para todos os indivíduos.

O objetivo desse estudo é avaliar se a inclusão de cloreto de sódio (NaCl) com inibidor e o milho moído fino como estimulador de consumo de mistura mineral podem regularizar a frequência e o consumo individual do suplemento.

5.2 MATERIAIS E MÉTODOS

5.2.1 Local do experimento

O experimento foi conduzido no confinamento experimental do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP).

5.2.2 Animais e instalação

Trinta novilhas Nelore, com peso médio inicial de $294 \pm 3,7$ kg (média $\pm$ erro padrão) foram distribuídas por peso em 10 baias (3 animais/baia) com tamanho aproximado de 21 m², cobertas com piso de concreto, contendo cocho para fornecimento de ração, cocho para o fornecimento de sal e bebedouro.

5.2.3 Tratamentos experimentais

Avaliou-se o efeito da adição de milho moído e cloreto de sódio como estabilizadores de consumo da mistura mineral em novilhas alimentados com forragem. Os animais foram alimentados apenas com forragem (pré-secado). A composição química da dieta experimental está apresentada na tabela 9.

Tabela 9 - Composição química da forragem (pré-secado de *cynodon spp.*) utilizada no experimento

Composição química	% MS ¹
Matéria seca	49,4
Proteína bruta	15,3
Gordura total	3,2
Fibra insolúvel em detergente neutro	66,5
Fibra insolúvel em detergente ácido	31,5
Matéria mineral	9,1

Fonte: Silva (2016).

Legenda: ¹%MS = porcentagem da matéria seca.

Os tratamentos experimentais foram definidos de acordo com inclusão de milho moído e cloreto de sódio na mistura mineral (Tabela 10). Os tratamentos experimentais foram:

Controle – mistura mineral (COPLASAL 60®, Nutreco Brasil Nutrição Animal Ltda., Mirassol-SP).

10MM – 90% de mistura mineral e 10% de milho moído.

10M25NaCl – 65% de mistura mineral, 10% de milho moído e 25% de cloreto de sódio.

10M50NaCl – 40% de mistura mineral, 10% de milho moído e 50% de cloreto de sódio.

Tabela 10 - Proporção dos ingredientes e composição química das misturas minerais dos tratamentos, % MS

Itens (% de MS)	Tratamentos ¹			
	Controle	10MM	10M 25NaCl	10M 50NaCl
Mistura mineral	100	90	65	40
Cloreto de sódio	0	0	25	50
Milho moído	0	10	10	10

Fonte: Silva (2016).

Legenda: ¹Controle = mistura mineral; 10MM = 90% de mistura mineral e 10% de milho moído; 10M25NaCl = 65% mistura mineral, 10% milho moído e 25% de cloreto de sódio; 10M50NaCl = 40% mistura mineral, 10% milho moído e 50% de cloreto de sódio.

5.2.4 Manejo alimentar e pesagens

O experimento foi composto por 4 períodos experimentais de 22 dias cada, sendo 7 dias de adaptação 15 dias de tratamento. Os 7 dias de adaptação dos períodos 2, 3 e 4 serviram como um período tampão (*wash-out*) para remoção do efeito residual da concentração do tratamento do período anterior. Nos 7 dias do período de adaptação, por sua vez, os animais tiveram acesso *ad libitum* à forragem, mistura mineral e água.

Figura 6 - Esquema de distribuição dos tratamentos e períodos experimentais

Baia =>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1° Per.	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B
2° Per.	C	A	D	B	C	A	D	B	C	A
3° Per.	B	D	A	C	B	D	A	C	B	D
4° Per.	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C

Fonte: Silva (2016).

Legenda: Per. = período experimental. A = tratamento controle; B = tratamento 10MM; C = tratamento 10M25NaCl; D = tratamento 10M50NaCl.

O ganho médio diário (GMD) foi acompanhado por meio de pesagens (Beckhauser®, idBeck 3.0 – precisão 1.00 kg) dos animais nos dias 8 e 22 de cada período experimental após um jejum sólido de 14 horas.

O pré-secado de *Cynodon spp.* foi picado grosseiramente utilizando-se um picador moedor (Silver®, DFS 20E – sem peneira). O alimento volumoso foi fornecido diariamente *ad libitum*. Para o milho moído adicionado na mistura mineral, foi utilizado um moedor (Nogueira®, DPM-4 – peneira de 10 mm) provido de peneira com crivos de 10 mm. As misturas minerais, por se tratarem de quantidades pequenas e para o maior controle das concentrações dos ingredientes, foram homogeneizadas manualmente.

Os animais tiveram acesso *ad libitum* à forragem, mistura mineral e água fresca. A quantidade de forragem ofertada foi definida com base na leitura de cocho realizada antes do fornecimento. As sobras foram mantidas em aproximadamente

10% da quantidade ofertada e foram novamente ofertadas fazendo parte da oferta do dia. A oferta foi pesada diariamente utilizando balança eletrônica (Marte®, LC100 – precisão 0,05 kg) e as sobras foram colhidas e pesadas semanalmente para determinar o consumo de matéria seca (CMS). As ofertas e sobras foram amostradas e em seguida, foram conservadas a -17° C para posterior análise.

A quantidade de mistura mineral ofertada foi de acordo com a quantidade de sobras do dia anterior, sendo que as ofertas foram definidas para que houvesse o total de 150 g de sobras. A oferta e a sobra foram pesadas diariamente em balança eletrônica (Marte®, AS 5500C – precisão 0,01 g) e realizada a análise de matéria seca, para determinar o consumo de mistura mineral (CMM) diário. A cada mistura mineral uma amostra foi colhida e armazenada à temperatura -17° C.

Nas amostras de forragem foram feitas as seguintes análises. O teor de proteína bruta (PB) foi obtido mediante combustão das amostras segundo o método Dunas, utilizando-se um auto-analisador de nitrogênio LECO Corp., TruMac N – St. Joseph-MI, EUA (WILLES et al., 1998). A determinação dos teores de gordura total foi realizada em sistema de extração por fluído supercrítico (LECO Corp., TFE2000 – St. Joseph-MI, EUA). Matéria mineral (MM) foi conforme AOAC (1995). Teores de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) e fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com o método proposto por Van Soest et al. (1991).

5.2.5 Variação da ingestão de mistura mineral

A variação do CMM (VCMM) foi mensurada através do erro padrão da média (EPM). Foi calculado um EPM para cada dia em cada tratamento, gerando 14 repetições por tratamento. Esse EPM foi analisado como variável para VCMM.

5.2.6 Análise estatística

Adotou-se o delineamento *change-over* (4 tratamentos x 4 períodos x 10 baias), sendo que todos animais passaram por todos tratamentos, conforme demonstrado esquematicamente na figura 6. O modelo experimental foi composto pelo efeito do tratamento, do período, da baia e do erro experimental. As baias foram às unidades experimentais. Antes de fazer a análise estatística, todos os dados foram submetidos ao teste de *Shapiro Wilk* para avaliação da normalidade dos resíduos e os *outliers* foram retirados do conjunto de dados. A homogeneidade das variâncias foi avaliada usando o teste de *Levene*. Conjunto de dados que não respeitou tais premissas foram submetidos a transformações logarítmicas. A comparação entre as médias dos tratamentos foi pelo teste de PDIFF, ao nível de 5% de significância para as variáveis GMD, CMS, CMM e CA. A comparação das medias da variável VCMM foi realizada pelo teste de Tukey.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ganho médio diário ($P = 0,51$), consumo de matéria seca ($P = 0,92$) e conversão alimentar ($P = 0,98$) não foram afetados pelos tratamentos experimentais. No entanto, o consumo de mistura mineral ($P < 0,01$) aumentou de 78,36 para 224,41 g/animal/dia com a inclusão de 10% de milho moído (tratamento 10MM) e reduziu com a inclusão de 25% (tratamento 10M25NaCl) e 50% (tratamento 10M50NaCl) de cloreto de sódio, para 172,33 e 136,68 g/animal/dia, respectivamente (Tabela 11).

Não é surpreendente o aumento no CMM quando adicionado 10% de milho moído no suplemento, uma vez que ruminantes em pastejo ou recebendo dietas volumosas tem maior preferência por alimentos com alto teor de energia prontamente disponível. Burritt e Provenza (1992) reportam que cordeiros tem preferência por alimentos que aumentam o teor de energia dietética. Os autores ainda relatam que ruminantes são condicionados a preferir alimentos que causem consequências positivas. No presente estudo, o milho moído proporcionou aumentar a energia na dieta, o que causou o aumento no consumo de mistura mineral.

Tabela 11 – Desempenho, consumo de matéria seca e consumo de mistura mineral de novilhas alimentadas com forragem (pré-secado de cynodon spp.)

Itens ¹	Tratamentos ²				EPM ³	Efeito ⁴ P
	Controle	10MM	10M 25NaCl	10M 50NaCl		
GMD, kg	0,310	0,317	0,463	0,341	0,08	0,51
CMS, kg	4,07	4,05	3,98	4,01	0,10	0,92
CA	13,55	12,65	12,88	10,09	7,02	0,98
CMM, g	78,36 ^d	224,41 ^a	172,33 ^b	136,68 ^c	3,64	<0,01

Fonte: Silva (2016).

Legenda: ¹GMD = ganho médio diário; CMS = consumo de matéria seca; CA = conversão alimentar; CMM = consumo de mistura mineral. ²Controle = mistura mineral comercial; 10MM = 90% de mistura mineral comercial e 10% de milho moído; 10M25NaCl = 65% mistura mineral comercial, 10% milho moído e 25% de cloreto de sódio; 10M50NaCl = 40% mistura mineral comercial, 10% milho moído e 50% de cloreto de sódio. ³EPM = erro padrão da média. ⁴P = significativo quando $P \leq 0,05$. ^{a,b,c,d} letras distintas diferem estatisticamente.

O sódio é o principal mineral regulador de consumo das misturas minerais. Sabe-se que herbívoros tem um apetite específico por sódio (FITZSIMONS, 1998) e ruminantes podem vim a ingerir quantidades iguais ou superiores às suas exigências (MULLER et al., 1986). Entretanto, corroborando com este estudo, Cockwill et al. (2000) aumentaram o teor de NaCl no suplemento mineral e houve redução significativa do número de visitas e no CMM diária por vacas e bezerros de corte. O mesmo também foi observado por Chlácek e Zapletal (2007), que, com a elevação do teor de sódio em blocos minerais reduziu o consumo de suplemento por vacas, tanto no inverno quanto no verão.

A Tabela 12 mostra que a variação do consumo de mistura mineral (VCMM) dos tratamentos diferiu. No tratamento 10%MM a VCMM aumentou significativamente de 38,77 para 78,52 ($P < 0,01$), ou seja, houve uma maior variação de consumo quando adicionado o alimento concentrado em relação ao tratamento Controle ($P < 0,01$). Essa variação permaneceu mesmo com a inclusão de 25% de NaCl na mistura mineral (tratamento 10M25NaCl). Entretanto, quando foi incluído 50% de NaCl na mistura mineral (tratamento 10M50NaCl) a VCMM reduziu em comparação ao tratamento 10MM e 10M25NaCl, igualando-se ao tratamento Controle.

Tabela 12 - Variação no consumo de mistura mineral (VCMM) e coeficiente de variação (CV) do consumo das misturas minerais por novilhas alimentadas forragem (pré-secado de *cynodon spp.*)

Itens ¹	Tratamentos ²				EPM ³	Efeito ⁴ P
	Controle	10MM	10M 25NaCl	10M 50NaCl		
VCMM, g	38,77 ^b	78,52 ^a	83,07 ^a	52,15 ^b	4,22	<0,01
CV, %	54,70	44,03	53,77	44,15	-	-

Fonte: Silva (2016).

Legenda: ¹VCMM = variação do consumo de mistura mineral; CV = coeficiente de variação. ²Controle = mistura mineral; 10MM = 90% de mistura mineral e 10% de milho moído; 10M25NaCl = 65% mistura mineral, 10% milho moído e 25% de cloreto de sódio; 10M50NaCl = 40% mistura mineral, 10% milho moído e 50% de cloreto de sódio. ³EPM = erro padrão da média. ⁴P = significativo quando $P \leq 0,05$. ^{a,b} letras distintas diferem estatisticamente.

O coeficiente de variação (CV) foi de 54,70% para o tratamento Controle (Tabela 12). Essa variação já é bem documentada na literatura (McDOWELL, 1996; TAIT; FISHER, 1996; BOWMAN; SOWELL, 1997; COCKWILL et al., 2000; DIXON et al., 2003; McDOWELL; ARTHINGTON, 2005). Em relação ao coeficiente de variação do tratamento 10MM, houve uma redução em comparação ao tratamento Controle, passando de 54,70% para 44,03% (Tabela 12). Entretanto, quando multiplicado esses CV pelo CMM nota-se que a dispersão do consumo de suplemento é aumentada de 42,1 para 98,5 g com a inclusão de 10% milho no tratamento 10MM. Esse resultado corrobora com o obtido por Foot et al. (1973), onde o CV do consumo de suplemento concentrado por ovelhas foi em média 36% em relação a um consumo de 100 g e diminuiu para 16% em relação a um consumo de 453 g.

O tratamento 10M25NaCl apesar do CV ter sido maior que o tratamento 10MM (Tabela 12), quando multiplicado o CV pelo CMM diário, obtém-se uma variação em g parecida para ambos os tratamentos, de 98 e 91 g para os tratamentos 10MM e 10M25NaCl, respectivamente. No entanto, quando adicionado 50% de NaCl na mistura mineral, como mostra o tratamento 10M50NaCl, houve uma redução de aproximadamente 30 g na variação do CMM.

A ingestão média voluntária de suplementos parece estar inversamente relacionada com a variabilidade em porcentagem, ou seja, a medida que se aumenta o consumo de suplemento reduz o CV da ingestão, o que estaria de acordo com os resultados de Manzano et al. (2012). Entretanto, foi observado neste estudo que o aumento do CMM resultou em aumento na variabilidade em g/animal/dia e vice-

versa, isso acontece quando multiplica-se o CV pelo CMM (Figura 7). Corroborando com este, os resultados apresentados por Dixon et al. (2003) mostram que os suplementos que possuem consumo maior apresentam um CV menor. No entanto, quando multiplicado o CV pelo consumo de suplemento a variação em g/animal/dia é maior para os suplementos que tem um maior consumo.

Figura 7 - Consumo médio (g / dia) e variação (CV x CMM médio) do consumo de mistura mineral por tratamentos

Fonte: Silva (2016).

Legenda: CMM = consumo de mistura mineral.

Os dados deste estudo são importantes para demonstrar a variação do consumo de mistura mineral e da possibilidade do uso de milho moído e NaCl para uniformizar a ingestão diária de suplemento mineral. A ingestão de mistura mineral uniforme é uma demanda da utilização desta como veículo para diversos produtos, como exemplo podemos citar o uso de ionóforos. No entanto, os dados deste trabalho mostram que há grande variação no consumo de mistura mineral independente do uso de milho e NaCl. Apesar da inclusão de milho moído aumentar o consumo do suplemento e o NaCl diminuir, nenhum dos tratamentos foi eficiente em uniformizar o consumo de mistura mineral.

5.4 CONCLUSÃO

O desempenho das novilhas não foi afetado pela inclusão de 10% de milho e/ou 25% e 50% de NaCl na mistura mineral. No entanto, inclusão de 10% de milho na mistura mineral elevou o consumo do suplemento. E ao passo que foi incluso 25% e 50% de NaCl, na mistura mineral, o consumo foi reduzido.

Houve aumento da variação no consumo de mistura mineral, com a inclusão de 10% de milho no suplemento. E essa variação foi reduzida com a inclusão de 50% de NaCl.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS (AOAC). **Official methods of analysis of AOAC international**, 16th ed. Arlington: AOAC, 1995. v. 2, chap. 33, p. 10-11.
- BAGLEY, C. P.; FEAZEL, J. I.; MORRISON, D. G.; LUCAS, D. M. Effects of salinomycin on ruminal characteristics and performance of grazing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 792-797, 1988.
- BOWMAN, J. G. P.; SOWELL, B. F. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 543-550, 1997.
- BURRITT, E. A.; PROVENZA, F. D. Lambs form preferences for nonnutritive flavors paired with glucose. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 4, p. 1133-1136, 1992.
- CHLÁDEK, G.; ZAPLETAL, D. A free-choice intake of mineral blocks in beef cows during the grazing season and in winter. **Livestock Science**, v. 106, p. 41-46, 2007.
- COCKWILL, C. L.; McALLISTER, T. A.; OLSON, M. E.; MILLIGAN, D. N.; RALSTON, B. J.; HUISMA, C.; HAND, R. K. Individual intake of mineral and molasses supplements by cows, heifers and calves. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 80, n. 4, p. 681-690, 2000.
- DERMAUW, V.; YISEHAK, K.; BELAY, D.; HECKE, T. V.; LAING, G. D.; DUCHATEAU, L.; JANSSENS, G. P. L. Mineral deficiency status of ranging zebu (*Bos indicus*) cattle around the Gilgel Gibe catchment, Ethiopia. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, p. 1139-1147, 2013.
- DIXON, R. M.; WHITE, A.; FRY, P.; PETHERICK, J. C. Effects of supplement type and previous experience on variability in intake of supplements by heifers. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, p. 529-540, 2003.
- FIESER, B. G.; HORN, G. W.; EDWARDS, J. T. Effects of energy, mineral supplementation, or both, in combination with monensin on performance of steers

grazing winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 3470-3480, 2007.

FITZSIMONS, J. T. Angiotensin, thirst, and sodium appetite. **Physiological Reviews**, v. 78, n. 3, p. 583-686, 1998.

FOOT, J. Z.; RUSSEL, A. J. F.; MAXWELL, T. J.; MORRIS, P. Variation in intake among group-fed pregnant Scottish Blackface ewes given restricted amounts of food. **Animal Production**, v. 17, n. 2, p.169-177, 1973.

KUMARESAN, A.; BUJARBARUAH, K. M.; PATHAK, K. A.; BRAJENDRA; RAMESH, T. Soil-plant-animal continuum in relation to macro and micro mineral status of dairy cattle in subtropical hill agro ecosystem. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, p. 569-577, 2010.

MANZANO, R. P.; PATERSON, J.; PAS, HARBABAC, M. M.; LIMA FILHO, R. O. The effect of season on supplemental mineral intake and behavior by grazing steers. **The Professional Animal Scientist**, v. 28, p. 73-81, 2012.

McDOWELL, L. R. Feeding minerals to cattle on pasture. **Animal Feed Science Technology**, v. 60, p. 247-271, 1996.

McDOWELL, L. R.; ARTHINGTON, J. D. Minerals for grazing ruminants in tropical regions. **Mosaic**, ed. 4, 2005.

MULLER, R. D.; POTTER, E. L.; WRAY, M. I.; RICHARDSON, L. F.; GRUETER, H. P. Administration of monensin in self-fed (salt limiting) dry supplements or on an alternate-day feeding schedule. **Journal of Animal Science**, v. 62, p. 593-600, 1986.

OLSON, K. C. Management of mineral supplementation programs for cow-calf operations. **Veterinary Clinics of North America: food animal practice**, v. 23, n. 1, p. 69-90, 2007.

OVERTON, T. R.; YASUI, T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 416-426, 2014.

POTTER, E. L.; COOLEY, C. O.; RICHARDSON, L. F.; RAUN, A. P.;
RATHMACHER, R. P. Effect of monensin on performance of cattle fed forage.
Journal of Animal Science, v. 43, n. 3, p. 665-669, 1976.

TAIT, R. M.; FISHER, L. J. Variability in individual animal's intake of minerals offered free-choice to grazing ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, p. 69-76, 1996.

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

WILLES, P. G.; GRAY, I. K.; KISSING, R. C. Routine analysis of proteins by kjeldahl and Dumas methods: review and interlaboratory study using dairy products. **Journal of the AOAC Internacional**, v. 81, n. 3, p. 620-632, 1998.

6 CONCLUSÃO FINAL

O presente trabalho mostrou que a inclusão de narasina na mistura mineral foi capaz de aumentar o desempenho de novilhas Nelore. Esse ionóforo melhorou a performance desses animais tanto em dieta volumosa quanto em dieta contendo alto teor de concentrado. O consumo de matéria seca e o consumo de mistura mineral não foram afetados pela inclusão de narasina. Há uma grande variação no consumo de mistura mineral diário e individual em ruminantes. Mesmo com a oscilação no consumo do suplemento a narasina foi eficiente em melhorar o desempenho desses animais. Este trabalho, também mostrou que o consumo médio de mistura mineral parece estar relacionado com a variabilidade em g, ou seja, a medida que se aumenta o consumo de suplemento mineral aumenta também a amplitude do consumo de mistura mineral.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, p. 3317-3334, 2009.
- BAGLEY, C. P.; FEAZEL, J. I.; MORRISON, D. G.; LUCAS, D. M. Effects of salinomycin on ruminal characteristics and performance of grazing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 66, p. 792-797, 1988.
- BAIRD, G. D.; LOMAX, M. A.; SYMONDS, H. W.; SHAW, S. R. Net hepatic and splanchnic metabolism of lactate, pyruvate and propionate in dairy cows in vivo in relation to lactation and nutrient supply. **Biochemical Journal**, v. 186, p. 47-57, 1980.
- BECK, P.; HESS, T.; HUBBELL, D.; HUFSTEDLER, G. D.; FIESER, B.; CALDWELL, J. Additive effects of growth promoting technologies on performance of grazing steers and economics of the wheat pasture enterprise. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 1219-1227, 2014.
- BERG, D. H.; HAMILL, R. L. The isolation and characterization of narasin, a new polyether antibiotic. **The Journal of Antibiotics**, v. 31, n. 1, p. 1-6, 1978.
- BERGEN, 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.
- BOWMAN, J. G. P.; SOWELL, B. F. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: a review. **Journal of Animal Science**, v. 75, p. 543-550, 1997.
- CHLÁDEK, G.; ZAPLETAL, D. A free-choice intake of mineral blocks in beef cows during the grazing season and in winter. **Livestock Science**, v. 106, p. 41-46, 2007.
- COCKWILL, C. L.; McALLISTER, T. A.; OLSON, M. E.; MILLIGAN, D. N.; RALSTON, B. J.; HUISMA, C.; HAND, R. K. Individual intake of mineral and molasses supplements by cows, heifers and calves. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 80, n. 4, p. 681-690, 2000.

COPPOCK, C. E.; EVERETT, R. W.; BELYEA, R. L. Effect of low calcium or low phosphorus diets on free choice consumption of dicalcium phosphate by lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 59, n. 3, p. 571-580, 1976.

DERMAUW, V.; YISEHAK, K.; BELAY, D.; HECKE, T. V.; LAING, G. D.; DUCHATEAU, L.; JANSSENS, G. P. L. Mineral deficiency status of ranging zebu (*Bos indicus*) cattle around the Gilgel Gibe catchment, Ethiopia. **Tropical Animal Health and Production**, v. 45, p. 1139-1147, 2013.

DIXON, R. M.; WHITE, A.; FRY, P.; PETHERICK, J. C. Effects of supplement type and previous experience on variability in intake of supplements by heifers. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 54, p. 529-540, 2003.

DUCKER, M. J.; KENDALL, P. T.; HEMINGWAY, R. G.; McCLELLAND, T. H. An evaluation of feedblocks as a means of providing supplementary nutrients to ewes grazing upland/hill pastures. **Animal Production**, v. 33, n. 1, p. 51-57, 1981.

DUFFIELD, T. F.; SANDALS, D.; LESLIE, K. E.; LISSEMORE, K.; McBRIDE, B. W.; LUMSDEN, J. H.; DICK, P.; BAGG, R. Effect of prepartum administration of monensin in a controlled-release capsule on postpartum energy indicators in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 81, n. 9, p. 2354-2361, 1998.

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.; 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. **The Journal of Agricultural Science**, v. 146, n. 2, p. 213-233, 2008.

ELLIS, J. L.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A.; KEBREAB, E.; HOOK, 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**, v. 90, p. 2717-2726, 2012.

FIESER, B. G.; HORN, G. W.; EDWARDS, J. T. Effects of energy, mineral supplementation, or both, in combination with monensin on performance of steers grazing winter wheat pasture. **Journal of Animal Science**, v. 85, p. 3470-3480, 2007.

FITZSIMONS, J. T. Angiotensin, thirst, and sodium appetite. **Physiological Reviews**, v. 78, n. 3, p. 583-686, 1998.

FOOT, J. Z.; RUSSEL, A. J. F.; MAXWELL, T. J.; MORRIS, P. Variation in intake among grou-fed pregnant Scottish blackface ewes given restricted amounts of food. **Animal Production**, v. 17, n. 2, p. 169-177, 1973.

GOLDER, H. M.; LEAN, I. J. A meta-analysis of lasalocid effects on rumen measures, beef and dairy performance, and carcass traits in cattle. **Journal of Animal Science**, v. 94, p. 306-326, 2016.

GOODRICH, R. D.; GARRETT, J. E.; GAST, D. R.; KIRICK, M. A.; LARSON, D. A.; MEISKE, J. C. Influence of monensin on the performance of cattle. **Journal of Animal Science**, v. 58, n. 6, p. 1484-1498, 1984.

GRAINGER, C.; AULDIST, M. J.; CLARKE, T.; BEAUCHEMIN, K. A.; MCGINN, S. M.; HANNAH, M. C.; ECKARD, R. J.; LOWE, L. B. Use of monensin controlled-release capsules to reduce methane emissions and improve milk production of dairy cows offered pasture supplemented with grain. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 3, p. 1159-1165, 2008.

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

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

HORN, G. W.; MADER, T. L.; ARMBRUSTER, S. L.; FRAHM, R. R. Effect of monensin on ruminal fermentation, forage intake and weight gains of wheat pasture stocker cattle. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 3, p.447-454, 1981.

JEFFERS, T. K.; TONKINSON, L. V.; CALLENDER, M. E.; SCHLEGEL, B. F.; REID, W. M. Anticoccidial efficacy of narasin in floor pen trials. **Poultry Science**, v. 67, n. 7, p. 1050-1057, 1988.

KUMARESAN, A.; BUJARBARUAH, K. M.; PATHAK, K. A.; BRAJENDRA; RAMESH, T. Soil-plant-animal continuum in relation to macro and micro mineral status of dairy cattle in subtropical hill agro ecosystem. **Tropical Animal Health and Production**, v. 42, p. 569-577, 2010.

MANZANO, R. P.; PATERSON, J.; PAS, HARBABAC, M. M.; LIMA FILHO, R. O. The effect of season on supplemental mineral intake and behavior by grazing steers. **The Professional Animal Scientist**, v. 28, p. 73-81, 2012.

McDOWELL, L. R. Feeding minerals to cattle on pasture. **Animal Feed Science Technology**, v. 60, p. 247-271, 1996.

McDOWELL, L. R.; ARTHINGTON, J. D. **Minerals for grazing ruminants in tropical regions**. Gainesville, Florida: Mosaic, 2005. p. 1-86.

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, p. E194-E203, 2001. Supplement, E.

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Aditivos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. de. **Nutrição de ruminantes**. Ed. 2. Jaboticabal: FUNEP, 2011. Cap. 18, p.565-599.

MUELLER, N. D.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M; RAY, D. K.; RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Closing yield gaps through nutrient and water management. **Nature**, v. 490, p. 254-257, 2012.

MULLER, L. D.; SCHAFFER, L. V.; HAM, L. C.; OWENS, M. J. Cafeteria style free-choice mineral feeder for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 60, n. 10, p. 1574-1582, 1977.

MULLER, R. D.; POTTER, E. L.; WRAY, M. I.; RICHARDSON, L. F.; GRUETER, H. P. Administration of monensin in self-fed (salt limiting) dry supplements or on an alternate-day feeding schedule. **Journal of Animal Science**, v. 62, p. 593-600, 1986.

NAGARAJA, T. G.; TAYLOR, M. B. Susceptibility and resistance of ruminal bacteria to antimicrobial feed additives. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, n. 7, p. 1620-1625, 1987.

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

OLIVEIRA, C. A.; MILLEN, D. D. Survey of the nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists in Brazil. **Animal Feed Science and Technology**, v. 197, p. 64-75, 2014.

OVERTON, T. R.; YASUI, T. Practical applications of trace minerals for dairy cattle. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 416-426, 2014.

PATRA, A. K. Enteric methane mitigation technologies for ruminant livestock: a synthesis of current research and future directions. **Environ Monit Assess**, v. 184, p. 1929-1952, 2012.

PEDREIRA, M. S.; BERCHIELLI, T. T. Minerais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVERA, S. G. **Nutrição de ruminantes**. Ed. 2. Jaboticabal: FUNEP, 2011. Cap. 12, p. 345-368.

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

POTTER, E. L.; COOLEY, C. O.; RICHARDSON, L. F.; RAUN, A. P.; RATHMACHER, R. P. Effect of monensin on performance of cattle fed forage. **Journal of Animal Science**, v. 43, n. 3, p. 665-669, 1976.

PRADHAN, P.; FISCHER, G.; VAN VELTHUIZEN, H.; REUSSER, D. E.; KROPP, J. P. Closing yield gaps: how sustainable can we be? **PLoS One**, v. 10, n. 6, p. 1-18, 2015.

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

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

SCHMIDT-NIELSEN, K. How are control systems controlled? **American Scientist**, v. 82, n. 1, p. 28-44, 1994.

TAIT, R. M.; FISHER, L. J. Variability in individual animal's intake of minerals offered free-choice to grazing ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, v. 62, p. 69-76, 1996.

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

TOMKINS, N. W.; DENMAN, S. E.; PILAJUN, R.; WANAPAT, M.; McSWEENEY, C. S.; ELLIOTT, R. Manipulation rumen fermentation and methanogenesis using an essential oil and monensin in beef cattle fed a tropical grass hay. **Animal Feed Science and Technology**, v. 200, p. 25-34, 2015.

VALK, H.; KOGUT, J. Salt block consumption by high yielding dairy cows fed rations with different amounts of NaCl. **Livestock Production Science**, v. 56, p. 35-42, 1998.

VENDRAMINI, J. M. B.; SANCHEZ, J. M. D.; COOKE, R. F.; AGUIAR, A. D.; MORIEL, P.; SILVA, W. L.; CUNHA, O. F. R.; FERREIRA, P. D. S.; PEREIRA, A. C. Stocking rate and monensin supplemental level effects on growth performance of beef cattle consuming warm-season grasses. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 3682-3689, 2015.

WATSON, A. K.; MacDONALD, J. C.; ERICKSON, G. E.; KONONOFF, P. J.; KLOPFENSTEIN, T. J. Forages and pastures symposium: Optimizing the use of fibrous residues in beef and dairy diets. **Journal of Animal Science**, v. 93, p. 2616-2625, 2015.

WONG, D. T.; BERG, D. H.; HAMILL, R. H.; WILKINSON, J. R. Ionophorous properties of narasin, a new polyether monocarboxylic acid antibiotic, in rat liver mitochondria. **Biochemical Pharmacology**, v. 26, p. 1373-1376, 1977.

WOUTERS, A. T. B.; WOUTERS, F.; BARROS, C. S. L. Intoxicação experimental por narasina em bovinos. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 17, n. 2, p. 82-88, 1997.

WU, G.; FANZO, J.; MILLER, D. D.; PINGALI, P.; POST, M.; STEINER, J. L.; THALACKER-MERCER, A. E. Production and supply of high-quality food protein for human consumption: sustainability, challenges, and innovations. **Annals of the New York Academy of Science**, v.1321, p. 1-19, 2014.