

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**

**Suplementação de vacas leiteiras com Virginiamicina em dietas à base  
de cana-de-açúcar**

**Thiago Campos Escarce**

**Belo Horizonte**

**2018**

# **Thiago Campos Escarce**

Suplementação de vacas leiteiras com Virginiamicina em dietas à base de  
cana-de-açúcar

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Produção Animal

Prof. Orientador: Helton Mattana Saturnino

**Belo Horizonte**

**2018**

Dissertação defendida e aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_, pela Comissão Examinadora composta por:

---

Prof. Helton Mattana Saturnino (Orientador)

---

Prof. Ronaldo Braga Reis

---

Prof. Marcos Neves Pereira

---

Prof. Breno Mourão de Sousa

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico este trabalho ao meu avô  
Edilson, por ser o responsável  
em despertar em mim o sonho de  
ser Médico Veterinário.**

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Pai Paulo por ser a referência de trabalho na minha vida e por sempre acreditar em mim. Jamais me esquecerei da frase dita por ele: “Não desista antes de conseguir”.

À minha mãe Cristina, pelo cuidado e carinho dedicado ao longo de todos esses anos e por me confortar nos momentos mais difíceis.

Meu irmão Daniel, por ser meu melhor amigo há 28 anos, fonte de força, confiança e lealdade.

Minha irmã Maria Carolina, por ser minha princesinha, minha amiga e não me deixar desistir.

A minha namorada Paula, pelo apoio inflexível aos meus sonhos. Respeitando de forma estonteante a minha ausência porque sabe onde quero chegar.

Aos cunhados Luanda e Gabriel, agradeço por cuidarem das minhas duas maiores fontes de força.

E é claro a Mona, chegou faz pouco tempo. Mas veio me ensinar como simples gestos de carinho podem mudar a vida de alguém.

Aos avôs, avós, tias e tios que direta ou indiretamente contribuíram com esta conquista. Vocês são meu time predileto e me inspiro todos os dias em vocês.

Ao meu orientador Prof. Helton Mattana Saturnino, o meu eterno reconhecimento por esses anos caminhando juntos. Pelo apoio e confiança sempre demonstrados comigo. Pelas palavras de incentivo, pelos “puxões de orelha”, por estar sempre por perto quando precisei.

Ao meu outro orientador, mesmo que não cadastrado oficialmente, Prof. e amigo Ronaldo Braga Reis, por confiar a mim a condução deste projeto, mas principalmente por direcionar-me ao mestrado. Foi quando descobri o sonho de ser professor.

A todos os participantes do GPLite, aprendi muito com vocês ao longo destes anos. Em especial aos que ajudaram mais de perto no trabalho desta conquista (Daniel Melo, Daniel Campos, Juliana, Lucas, Pedro Viegas, RAFA e Victor).

Aos mestres e amigos que me direcionam dentro desta escola e que busco trilhar um caminho semelhante: Diogo Jayme, Fábio Toral, Lívio Molina, Lucio Gonçalves, Elias Facury (Lobão) e Antônio Último.

Aos Profs. Marcos Neves e Breno Mourão pela participação na banca de defesa.

À equipe de funcionários da Fazenda Vargem Grande: Marquinhos, Jorge, Flávio, Lucinei, Pedrão, Donizete, Luquinhas, Ceará, Bodinho, Davidson e Danda pela acolhida, ajuda e amizade. Por serem minha família na fazenda.

À Dona Amélia Braga Reis e filhos pela hospitalidade, paciência e carinho ímpares.

Aos amigos Luiz Renato, Pedrão e Paulão que estão sempre juntos.

Aos amigos fora da vida profissional que não posso cita-los todos aqui, mas vocês são imprescindíveis em todas as minhas buscas.

Aos amigos do LabNutri, em especial ao Toninho pela deferência, disponibilidade e paciência.

À empresa Phibro Animal Health e em especial ao Lucas Barbosa, por permitirem a realização desta pesquisa.

À CAPES pela bolsa de estudo.

***“A vontade de se preparar precisa ser maior que a  
vontade de vencer!”***

Bob Knight

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	10
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</b> .....	17
<b>RESUMO</b> .....	19
<b>ABSTRACT</b> .....	20
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	21
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	22
<b>2.1. Cana-de-açúcar</b> .....	22
2.1.1. Aspectos qualitativos da cana-de-açúcar na alimentação animal .....	22
2.1.2. A utilização de cana-de-açúcar na dieta de vacas leiteiras .....	23
<b>2.2. Acidose ruminal</b> .....	26
2.2.1. Etiopatogenia.....	26
2.2.2. Indicadores de acidose ruminal em rebanhos leiteiros .....	29
2.2.3. Formas de prevenção associadas à dieta e ao manejo nutricional .....	30
<b>2.3. Aditivos na alimentação animal</b> .....	33
<b>2.4. A Virginiamicina</b> .....	34
2.4.1. Origem.....	34
2.4.2. Definição .....	34
2.4.3. Modo de ação .....	34
2.4.4. Efeitos da Virginiamicina sobre o padrão de fermentação ruminal e digestibilidade dos nutrientes .....	35
2.4.5. Desempenho de vacas leiteiras suplementadas com Virginiamicina .....	38
2.5. Referências bibliográficas .....	41
<b>3. ARTIGO CIENTÍFICO</b> .....	55
3.1. Resumo.....	55
3.2. Abstract .....	55
<b>3.3. Introdução</b> .....	56
<b>3.4. Material e Métodos</b> .....	57
3.4.1. Local.....	57
3.4.2. Animais, instalações e delineamento estatístico.....	57
3.4.3. Dietas experimentais e manejo dos animais .....	57

3.4.4.	Determinação da produção e da composição do leite .....	59
3.4.5.	Determinação do consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes .....	59
3.4.6.	Eficiência alimentar e eficiência da utilização do nitrogênio .....	61
3.4.7.	Determinação do pH fecal .....	61
3.4.8.	Determinação dos parâmetros sanguíneos .....	61
3.4.9.	Avaliação da síntese relativa de proteína microbiana .....	62
3.4.10.	Análise Estatística .....	62
3.5.	Resultados e discussão .....	63
3.5.1.	Caracterização do volumoso .....	63
3.5.2.	Consumo, Digestibilidade Aparente dos Nutrientes e pH fecal .....	64
3.5.3.	Desempenho das vacas leiteiras .....	66
3.6.	Considerações finais .....	71
3.7.	Referência Bibliográficas .....	71

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1</b>	Composição das dietas experimentais de vacas leiteiras mestiças F1 (Holandês x Gir) com ou sem inclusão de Virginiamicina.....	58
<b>Tabela 2</b>	Composição bromatológica e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca da cana-de-açúcar, segundo o período experimental.....	63
<b>Tabela 3</b>	Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes e pH fecal de vacas leiteiras nos tratamentos controle (CTL) ou Virginiamicina (VIR) .....	65
<b>Tabela 4</b>	Desempenho leiteiro, peso, nitrogênio ureico no leite (NUL), relação purina e creatinina, alantoína e creatinina e eficiências de utilização de N nos tratamentos Controle (CTL) ou Virginiamicina (VIR).....	68
<b>Tabela 5</b>	Concentração plasmática de glicose e nitrogênio (NUP) 0, 3 e 6 h pós alimentação nos tratamentos Controle (CTL) ou Virginiamicina (VIR).....	70

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS**

- AGCC – Ácidos graxos de cadeia curta
- AGNE – Ácidos graxos não esterificados
- AGV – Ácidos graxos voláteis
- Alant - Alantoína
- CAMI – Consumo de amido
- CCNF – Consumo de carboidratos não fibrosos
- CEE – Consumo de extrato etéreo
- CLA – Ácido linoleico conjugado
- CFDN – Consumo de fibra em detergente neutro
- CH<sub>4</sub> – Gás metano
- CMO – Consumo de matéria orgânica
- CMS – Consumo de matéria seca
- CNDT – Consumo de nutrientes digestíveis totais
- CNCPS - Cornell Net Carbohydrate and Protein System
- CNF – Carboidrato não fibroso
- CO<sub>2</sub> – Gás Carbônico
- CPB – Consumo de proteína bruta
- Creat - Creatinina
- DA – Digestibilidade aparente
- DAAMI - Digestibilidade aparente do amido
- DACNF - Digestibilidade aparente dos carboidratos não fibrosos
- DAEE - Digestibilidade aparente do extrato etéreo
- DAFDN - Digestibilidade aparente da fibra em detergente neutro
- DAMO - Digestibilidade aparente da matéria orgânica
- DAMS - Digestibilidade aparente da matéria seca
- DAPB - Digestibilidade aparente da proteína bruta
- DIVMS – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca
- EE – Extrato etéreo
- EPM – Erro padrão das médias

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN – Fibra em detergente neutro

FDNe - Fibra em detergente neutro efetiva

FDNfe - Fibra em detergente neutro fisicamente efetiva

g. - gravidade

kcal - Quilocaloria

kg - Quilograma

L - Litro

LCE – Leite corrigido para energia

LCG – Leite corrigido para gordura

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

mg - Miligrama

ml - Mililitro

mm - Milímetro

mMol - Milimoles

MO – Matéria orgânica

mOsm - Miliosmol

MS – Matéria Seca

N – Nitrogênio

NDT – Nutrientes digestíveis totais

NUL – Nitrogênio ureico do leite

NUP – Nitrogênio ureico plasmático

PB – Proteína bruta

PF – Produção fecal

ppm – Partes por milhão

PV – Peso vivo

V:C – volumoso:concentrado

VM – Virginiamicina

vs - versus

### RESUMO

Objetivou-se avaliar a utilização Virginiamicina em dietas a base de cana-de-açúcar sobre os dados de desempenho de vacas leiteiras e digestibilidades aparentes dos nutrientes. Foram utilizadas 20 vacas mestiças F1 (Holandês x Gir), com média de  $80 \pm 49$  dias de lactação, produção média diária de leite de  $27 \pm 3,8$  kg e peso corporal médio de  $588 \pm 68$  kg. Em delineamento de ensaio de Reversão Dupla (*Switch Back*), com três períodos experimentais de 35 dias cada, sendo 7 dias de coleta de dados e amostras. As dietas experimentais foram balanceadas, segundo o NRC (2001), para serem isoprotéicas (16,0 % PB) e isoenergéticas (68,4 % NDT). O grupo controle recebeu a dieta sem inclusão da VM, já o grupo tratamento foi suplementado com a VM adicionada à formulação do concentrado na dose de 300 mg/vaca/d. Não houve diferença no consumo de matéria seca e nutrientes. O grupo suplementado com VM apresentou maior digestibilidade aparente da proteína e tendência em aumentar a digestibilidade da FDN e da matéria seca da dieta. Os valores de produção e composição do leite não foram influenciados pela adição de VM assim como o pH fecal. Não foram observadas diferenças nas concentrações de glicose plasmática e NUP. A adição de VM aumentou a síntese relativa de proteína microbiana.

Palavras-chaves: aditivos, acidose, rúmem, fermentação

### **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the use of Virginiamycin in sugarcane-based diets on performance data of dairy cows and apparent digestibilities of nutrients. Twenty crossbred F1 (Holstein x Gir) cows were used, averaging  $80 \pm 49$  days of lactation, average daily milk production of  $27 \pm 3.8$  kg and mean body weight of  $588 \pm 68$  kg. In a Switch Back Reversal trial design, with three experimental periods of 35 days each, being 7 days of data collection and samples. The experimental diets were balanced according to NRC (2001) to be isoproteic (16, 0% PB) and isoenergetic (68, 4% NDT). The control group received the diet without inclusion of MV, whereas the treatment group was supplemented with MV added to the concentrate formulation at the dose of 300 mg/cow /d. There was no difference in dry matter and nutrient intake. The group supplemented with MV had higher apparent digestibility of the protein and tendency to increase the digestibility of NDF and diet dry matter. Milk production and composition values were not influenced by addition of MV as well as faecal pH. No differences were observed in plasma glucose and NUP concentrations. The addition of MV increased the relative synthesis of microbial protein.

**Keywords:** additives, acidosis, rumen, fermentation

## 1. INTRODUÇÃO

O agronegócio do leite ocupa posição de destaque na economia brasileira, sendo grande a expectativa, de continuar o crescimento da produção e da produtividade, com índices maiores do que aqueles que têm sido alcançados em anos recentes.

O Brasil é o quarto maior produtor de leite do mundo e cresce a uma taxa anual de 3%, superior à maioria dos países que ocupam os primeiros lugares. Responde por mais de 60% do volume total de leite produzido nos países que compõem o Mercosul.

No entanto o país convive historicamente com períodos de safra e entressafra na produção de leite. Durante os períodos de escassez, o sistema de produção a pasto inclui, obrigatoriamente, um suplemento volumoso que forneça os nutrientes aos animais. A utilização da silagem é eleita pela maioria dos sistemas de produção de leite, como a alternativa para suplementação durante a época seca do ano.

A cana-de-açúcar, similarmente é muito bem consolidada, vista com notoriedade por extensionistas e produtores. Em virtude do menor custo de produção e da maior produção por hectare quando comparada à silagem de milho (Galan e Nussio, 2000). Entretanto, suas características qualitativas irão influenciar de forma decisiva no aumento do uso de concentrados em dietas de vacas leiteiras.

Dietas ricas em carboidratos não fibrosos, de fermentação rápida, levam a quedas significativas no pH ruminal, favorecendo ao desenvolvimento de microrganismos que produzem bastante ácido lático, instalando-se a condição de acidose ruminal, que prejudica bastante o desempenho dos animais.

Nesse contexto, os aditivos assumem ampla relevância, podendo-se destacar a Virginiamicina, que em comparação com outros compostos como, Salonimicina e Monensina, tem se mostrado mais eficaz em reduzir a produção de ácido lático uma vez que possui ação direta sobre as espécies produtoras deste composto (Nagaraja e Taylor, 1987).

Entretanto, são escassos os trabalhos na literatura que avaliam os dados de desempenho de vacas leiteiras com este aditivo e mesmo ausentes quando da utilização em dietas que a cana-de-açúcar é a principal fonte volumosa.

Portanto, o objetivou-se avaliar a utilização Virginiamicina em dietas a base de cana-de-açúcar sobre os dados de desempenho de vacas leiteiras e digestibilidades aparentes dos nutrientes.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cana-de-açúcar

#### 2.1.1. Aspectos qualitativos da cana-de-açúcar na alimentação animal

A cana-de-açúcar é uma das formas mais difundidas como meio de suplementação para alimentação animal durante o período seco do ano. O motivo deve-se à sua grande capacidade de produção de MS e ponto ideal para colheita no período da seca, no qual há maior escassez de alimento para os animais e baixo desenvolvimento das forrageiras. Além de apresentar pequena taxa de risco em sua utilização e baixo custo por unidade de MS produzida, comparado aos alimentos tradicionais como as silagens de milho e de sorgo (Mendonça et al., 2004).

Oliveira et al. (1998), avaliando a composição química de diferentes variedades de cana-de-açúcar, encontraram valores de MS entre 30-35%, proteína bruta (PB) entre 1,8-3,0% da MS, fibra em detergente neutro (FDN) entre 45% a 56% da MS, fibra em detergente ácido (FDA) 27% a 35% da MS e energia bruta (EB) entre 4,2 a 4,6 kcal/kg da MS. Entretanto, apesar do baixo teor de nitrogênio (N), apresenta alta capacidade de fixar carbono com baixa exigência em N. Uma grande vantagem no que se refere ao rendimento com adubação (Siqueira et al., 2012).

Com o avançar da idade da cana-de-açúcar, ocorrem decréscimos nos teores de PB e aumento nos teores de MS e de carboidratos não fibrosos (CNF), sendo este último resultado do acúmulo de sacarose. Ocorre queda na digestibilidade da FDN, mas o aumento de CNF, representado pelo conteúdo celular, supera este declínio, fazendo com que haja aumento na digestibilidade da matéria orgânica (MO) (Gooding, 1982).

Todavia, a baixa digestibilidade da fibra (Magalhães et al., 2004), pode comprometer o consumo voluntário e desempenho dos animais. A porcentagem da fração fibrosa indegradável da cana-de-açúcar é elevada, chega a representar 60% da FDN (Fernandes et al., 2003), enquanto que, em silagens de milho e sorgo, a porção indigestível da fibra é de 28 a 33% (Pires et al., 2010).

A porção fibrosa da cana-de-açúcar é um limitante da sua inclusão em dietas de ruminantes. A busca por alternativas que acelerem a saída da porção fibrosa do ambiente ruminal deve ser continuada, quer seja pela redução da FDN indigestível, quer seja pelo aumento da taxa de passagem. A melhoria da digestibilidade da fibra, via programas de melhoramento genético é uma alternativa, contudo, esta não pode ser obtida sem o reflexo da redução de produção. Além disto, melhorar a digestibilidade da

fração fibrosa, representa um risco para que ocorra o tombamento do canavial (Siqueira et al., 2012).

#### 2.1.2. A utilização de cana-de-açúcar na dieta de vacas leiteiras

O uso desse volumoso na alimentação de vacas de média a alta produção deve ser realizado com critério, pois já foi demonstrado que o aumento da participação da cana-de-açúcar na dieta de vacas leiteiras implica em redução de consumo.

Magalhães et al. (2004) avaliaram o consumo de vacas da raça Holandês e mestiças alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar in natura em substituição à silagem de milho em 0, 33 e 100%, e observaram consumo de matéria seca (CMS) de 20,03, 19,07 e 17,26 kg/d, respectivamente. Houve redução de 0,0266 kg no CMS ( $r^2 = 0,98$ ), para cada 1% de inclusão de cana-de-açúcar na dieta.

Mendonça et al. (2004) avaliaram o CMS (kg/d, % Peso Vivo (PV) e g/kg<sup>0,75</sup>) e também encontraram maior ( $p < 0,05$ ) valor para a dieta contendo silagem de milho como volumoso. O consumo foi 21,2% maior para a silagem de milho, do que aquele das dietas à base de cana-de-açúcar com relação V:C de 60:40.

Costa et al. (2005) constataram queda no CMS de vacas em lactação, os animais alimentados com a dieta que continha 60% de silagem de milho ingeriram 19,32 kg de MS, ao passo que as vacas que consumiram a dieta com 60% de cana-de-açúcar na MS ingeriram 15,77 kg de MS.

Segundo Pires et al. (2010), o CMS das vacas alimentadas com as dietas constituídas por 100%, 75% e 50% de silagem de milho foram maiores ( $p > 0,05$ ) do que com as dietas com 75% e 100% de cana-de-açúcar.

Corroborando com os resultados acima, Magalhães et al. (2006) verificaram que a inclusão de cana-de-açúcar em substituição total à silagem de milho causava redução na taxa de passagem ruminal de 5,84% para 5,27%/h. Isso comprova a teoria de maior acúmulo de material indigestível no rúmen, o que aumenta o efeito de enchimento e menor CMS (Allen, 2000).

O baixo CMS para dietas à base de cana-de-açúcar está relacionado à baixa digestibilidade da FDN (Oliveira et al., 2001), à baixa taxa de passagem e ao alto tempo de retenção deste alimento (Preston e Leng, 1978; Preston, 1982; Leng, 1988; Rodriguez, 1995; Magalhães et al., 2006), e não somente ao teor da FDN, pois há trabalhos que têm verificado teores da FDN maiores na silagem de milho, quando comparada à cana-de-açúcar (Ribeiro et al., 2000; Magalhães et al., 2004).

Magalhães et al. (2006) verificaram decréscimo linear na digestibilidade da FDN, à medida que aumentava o nível de substituição da silagem de milho por cana-de-açúcar. Provavelmente, tal fato ocorreu em virtude do maior teor de lignina presente nas dietas à base de cana-de-açúcar. O teor e a forma como a lignina está presente podem afetar a degradabilidade da fibra entre os diferentes alimentos (Hoover, 1986). Ainda segundo estes autores vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar, apresentaram maior tempo despendido em ócio e menor eficiência de ruminação (gFDN/h) quando comparadas àquelas alimentadas com dieta à base de silagem de milho.

Fernandes et al. (2001), em análises bromatológicas de 15 variedades de cana-de-açúcar, concluíram que apesar destas apresentarem elevada fração A (açúcares solúveis), o que, provavelmente, suportaria rápido crescimento microbiano no rúmen, as mesmas apresentaram baixa taxa de degradação ruminal da fibra potencialmente degradável com considerável efeito de repleção ruminal.

Estes mesmos autores, ao predizerem as respostas na produção de leite, em função das mudanças na composição química, no fracionamento e na taxa de degradação dos carboidratos das variedades de cana-de-açúcar, de acordo com o sistema Cornell Net Carbohydrate and Protein System (CNCPS). Observaram que na concentração intermediária de FDN (50%), o aumento na concentração de lignina de 14 para 18% causa diminuição de 7% na produção esperada de leite. O balanço de nitrogênio (N) no rúmen aumenta, porque há menor crescimento microbiano, evidenciado pela redução do balanço de proteína microbiana.

Em contrapartida, à medida que se diminuiu o teor de FDN, diminuíram os balanços de N e peptídeos, porque aumentou a disponibilidade de energia. Neste caso, o crescimento microbiano pode ser limitado pelo déficit em peptídeos. Portanto, a adição de proteína verdadeira à dieta poderá ser benéfica, conforme Van Soest (1994), justificando o uso de alimentos com tais características, quando se utiliza a cana-de-açúcar como principal volumoso para vacas em lactação.

Estas variações conferem diferenças importantes a este alimento, podendo afetar o desempenho dos animais, uma vez que a relação entre a FDN e o consumo é negativa (Mertens, 1987).

Ao substituírem silagem de milho por cana-de-açúcar, Magalhães et al. (2004) verificaram produções de leite de 24,17; 23,28; 22,10 e 20,36 kg/d para vacas em lactação alimentadas com 0%, 20%, 40% e 60% de cana-de-açúcar na MS da dieta,

respectivamente. Os mesmos autores utilizando regressão verificaram, que para cada 1% de inclusão de cana-de-açúcar na MS da dieta houve diminuição na produção de leite de 0,038 kg/d. As maiores produções de leite observadas nas dietas com maior proporção de silagem de milho, ocorreram em razão dos maiores CMS.

Segundo Nussio et al. (2006), os desequilíbrios na produção de leite, ocasionados por vacas alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar, provavelmente se devem mais ao desbalanceamento de nutrientes do que a uma característica intrínseca a essa fonte de forragem.

Pode-se dizer que, a partir anos 2000, a comunidade científica aumentou seu nível de conhecimento sobre a formulação de dietas baseadas na cana-de-açúcar e trabalhos com vacas de alta produção de leite foram realizados (Corrêa et al., 2003; Magalhães et al., 2004; Mendonça et al., 2004; Costa et al., 2005; Queiroz et al., 2008; Figueiras Neto, 2011).

O maior exemplo do potencial do uso dessa forrageira foi observado no trabalho de Corrêa et al. (2003). As dietas experimentais consistiam em fornecer 200 g de FDN oriunda de forragem por kg de MS como milho de textura dura ensilado no estágio de maturação “metade da linha do leite”, milho de textura macia no estágio “linha negra” ou cana-de-açúcar. Não houve diferença entre os híbridos de milho em relação à produção de leite (34,2 e 34,6 kg/d) e à ingestão de MS (23,0 e 23,2 kg/d). Contudo a cana-de-açúcar diminuiu a ingestão de MS (21,5 kg/d) e a produção de leite (31,9 kg/d).

O perfil de carboidratos da dieta muda completamente quando a cana-de-açúcar substitui a silagem de milho. Na dieta que continha cana-de-açúcar, 88,5% do amido teve origem do concentrado, enquanto naquelas que continham a silagem de milho, o amido do concentrado representou apenas 60% do amido total. Segundo estes autores, a produção de leite em torno de 30 kg é alcançável em dietas contendo cana-de-açúcar como único volumoso.

Queiroz et al. (2008), com o objetivo de avaliar o desempenho de animais de alta produção alimentados por dietas com diferentes fontes de volumosos: cana-de-açúcar in natura, silagem de cana-de-açúcar inoculada com *L. Buchinieri*, silagem de milho e mistura de cana-de-açúcar in natura com silagem de milho. Os autores verificaram que todas as dietas propiciaram aos animais elevada produção leiteira (24,4 a 25,5 kg/d), que não diferiu entre os volumosos utilizados.

Em virtude do grande potencial da cana-de-açúcar e de otimizar a sua utilização, Costa et al. (2005) avaliaram dietas com cana-de-açúcar e silagem de milho, com

diferentes proporções de concentrado, ofertadas para vacas com potencial de produção de 6.000 kg de leite por lactação. A produção de leite para as dietas experimentais à base de cana-de-açúcar foi menor ( $p < 0,05$ ) quando utilizada na relação V:C (60:40), intermediário para a relação V:C de (50:50) e maior na relação de V:C (40:60), que foi semelhante à dieta à base de silagem de milho na relação V:C (60:40). Segundo estes autores, a elevada participação de concentrado na dieta com 40% de cana-de-açúcar não deve ser vista como obstáculo à sua utilização, de modo que a decisão sobre seu uso passa a ser de ordem agrônômica e/ou econômica.

Valadares Filho et al. (2002), também propõe que a saída para utilização da cana-de-açúcar em vacas de média e alta produção de leite pode ser a redução de seu uso na dieta de acordo com o aumento da participação de concentrado. Estas mudanças podem proporcionar maior aporte de MO digestível, o que levaria a um aumento da concentração de energia, diminuição da concentração de fibra de baixa digestibilidade e, conseqüentemente, maior CMS para atender às exigências energéticas do animal.

Contudo, a alta participação de grãos em dietas de vacas leiteiras pode provocar diversos distúrbios metabólicos, como consequência da rápida redução do pH ruminal. Embora seja fundamental atender às exigências nutricionais das vacas de alta produção de leite, a acidose ruminal deve ser evitada para assegurar o uso eficiente dos alimentos pelos animais (Enemark, 2008).

## **2.2. Acidose ruminal**

### **2.2.1. Etiopatogenia**

Bactérias celulolíticas apresentam menor taxa metabólica, se multiplicando e fermentando a celulose lentamente. Por outro lado, bactérias amilolíticas apresentam maior taxa metabólica, se multiplicando e fermentando o seu substrato rapidamente. Portanto, nas dietas ricas em volumosos, os AGV são produzidos em menor velocidade e absorvidos normalmente pela mucosa ruminal. Já nas dietas ricas em concentrados, os AGV são produzidos de forma acelerada e podem ultrapassar a capacidade de absorção do rúmen (Leek, 1996; Owens, 2011).

Os ruminantes possuem sistemas altamente desenvolvidos para manter o pH ruminal dentro do intervalo fisiológico (5,5 a 7,0) (Carter e Grovum, 1990).

A queda na ingestão de MS torna-se evidente quando o pH ruminal atinge valores abaixo de 5,6 (Fulton et al., 1979). Além de regular a ingestão de alimentos, os ruminantes estabilizam o pH ruminal absorvendo os AGV produzidos pela fermentação

de carboidratos. Este efeito é relativamente pequeno, mas pode representar a margem entre a saúde e a acidose ruminal em vacas leiteiras alimentadas com grandes quantidades de carboidratos fermentáveis (Firkins, 1997).

Esta absorção passiva é reforçada por papilas que se desenvolvem na parede do rúmen e fornecem uma área de superfície significativa para a absorção dos AGV. As papilas ruminais se desenvolvem quando os bovinos são alimentados com dietas de maior teor de grãos (Dirksen et al., 1985). Isso presumivelmente aumenta a área de superfície e a capacidade de absorção, o que, por sua vez, protege o animal do acúmulo de ácido no rúmen. Se a capacidade de absorção dessas células está comprometida, torna-se muito mais difícil para o animal manter o pH ruminal estável.

No entanto, altas taxas de degradação do amido aumentam a concentração de propionato no rúmen, o que eleva significativamente sua osmolaridade e, conseqüentemente, reduz a capacidade de absorção de AGV do rúmen (Owens, 2011).

Nesse primeiro momento, os protozoários também desempenham um papel importante na regulação do pH, pois retém grânulos de amido em seu interior, modulando a taxa de fermentação do carboidrato e a produção de ácidos orgânicos (Russel e Rychlik, 2001).

A vaca também contém substâncias tamponantes em sua saliva (Van Soest, 1994), contribui com aproximadamente metade do bicarbonato de sódio do rúmen (Owens et al., 1998). Entretanto, a produção de saliva não é desencadeada pela diminuição do pH ruminal, mas sim, pela quantidade de tempo em que a vaca permanece ruminando (Maekawa et al., 2002).

Diante destes mecanismos, as vacas leiteiras, são capazes de manter o pH ruminal dentro dos limites fisiológicos por sua própria regulação de ingestão, produção de tampão endógeno, adaptação microbiana e absorção de AGV. No entanto, se a quantidade de carboidratos fermentáveis consumidos resultarem em maior produção de ácido do que o sistema pode comportar, a compensação falha e há queda de pH ruminal.

Vacas leiteiras desenvolvem acidose ruminal à medida que o pH ruminal cai abaixo do limiar fisiológico de aproximadamente 5,5. Devido aos AGV ruminais apresentarem um pKa em média de 4,9 rapidamente se deslocam para a forma protonada. Esta mudança remove hidrogênio livre do fluido ruminal e facilita a absorção dos AGV pelo epitélio ruminal. Entretanto, os ganhos na absorção de AGV, com o pH ruminal abaixo de 5,5 podem ser compensados pela produção de lactato (Krause e Oetzel, 2015).

Com altas taxas de crescimento, pelas altas concentrações de amido e açúcares, *Streptococcus bovis* passam a fermentar a glicose para lactato em vez de AGV, o que diminui ainda mais o pH ruminal e cria um nicho para os *Lactobacilos* que produzem ainda mais lactato (Russell e Hino, 1985). Esta é uma situação perigosa, porque o lactato tem um pKa menor do que os AGV (3,9 vs 4,8) (Krause e Oetzel, 2015).

A população de bactérias celulolíticas, menos resistentes ao pH ácido, como *Fibrobacter succinogenes*, *Butyrivibrio fibrisolvens* reduz gradualmente (Khafipour et al., 2009; Fernando et al., 2010).

As respostas adaptativas adicionais são estabelecidas quando o pH ruminal diminui e a produção de lactato aumenta. As bactérias que utilizam lactato, como *Megasphaera elsdenii* e *Selenomonas ruminantium*, começam a metabolizar o lactato e a proliferar (Goad et al., 1998). Convertem lactato em outros AGV, que são então facilmente protonados e absorvidos. No entanto, à medida que o pH diminui para 5,0, o crescimento dessas bactérias é inibido e a produção de lactato excede a sua utilização (Russell e Allen, 1983).

Além disso, o tempo de renovação das bactérias utilizadoras de lactato é mais lento do que para *S. bovis* (Mackie e Gilchrist, 1979). Assim, a conversão de lactato no rúmen pode não ser suficientemente rápida para estabilizar completamente o pH ruminal.

O ácido láctico ruminal é produzido em sua forma levogira (L-lactato) ou dextrogira (D-lactato), geralmente em quantidades semelhantes (Owens, 2011). O L-lactato é produzido pelas células de mamíferos e é rapidamente metabolizado a piruvato no fígado pela L-lactato desidrogenase (Ewaschuk et al., 2005).

Em contrapartida, os ruminantes apresentam baixa atividade de D-lactato desidrogenase, resultando em lenta depuração deste pela via renal (Constable, 2003). O D-lactato também pode ser metabolizado a piruvato no fígado pela enzima D- $\alpha$ -hidroxiácido desidrogenase. Porém, a enzima apresenta baixa atividade nos bovinos (Cammack, 1969).

O resultado desta metabolização é que após a acidose ruminal aguda, há maior aumento nas concentrações séricas de D-lactato em relação ao L-lactato (Ortolani et al., 2010; Owens, 2011).

### 2.2.2. Indicadores de acidose ruminal em rebanhos leiteiros

#### Ingestão de matéria seca

A acidose ruminal causa flutuações erráticas na ingestão de MS. O baixo pH ruminal faz com que a vaca não se alimente, pois desta forma reduz a produção de AGV e permite que o pH se recupere. A vaca então retoma com alta ingestão de MS que causa uma produção excessiva de ácidos e o ciclo é repetido (Britton e Stock, 1987; Olsson et al., 1998; Brown et al., 2000; Stock, 2000; Garry, 2002; Krajcarski-Hunt et al., 2002).

As mudanças no comportamento ingestivo também estão ligadas as alterações na osmolaridade do fluido do rúmen, os valores que são consideravelmente maiores que 300 mOsm/L restringem a ingestão alimentar e reduzem fermentação bacteriana da fibra e do amido (Carter e Grovum, 1990).

#### Menor conversão alimentar

A acidose ruminal diminui a taxa de digestibilidade no rúmen e, conseqüentemente, prejudica a conversão alimentar. Estudos indicam um declínio substancial na digestão da fibra quando as vacas apresentam acidose ruminal. Segundo Beauchemin e Yang (2005), a digestão da FDN no rúmen diminuiu de 52% em vacas com pH ruminal médio de 6,4 para 44% em vacas com episódios repetidos de acidose ruminal com pH ruminal médio de 5,8.

#### Síntese de proteína microbiana

A acidose ruminal reduz a eficiência da produção de proteína microbiana no rúmen, o que diminuirá o rendimento da proteína microbiana (g/d), a menos que seja fornecido mais carboidrato fermentável. Essa redução ocorre principalmente quando as forragens são finamente colhidas (Beauchemin e Yang, 2005).

Yang et al. (2002) demonstraram este efeito ao avaliarem dietas que eram constituídas por 60% de concentrado e 40% de forragem (50% de silagem de alfafa e 50% de feno de alfafa). O feno de alfafa foi cortado ou moído para alterar a ingestão de partículas longas sem alterar o conteúdo de FDN da dieta. A redução do tamanho de partícula da forragem resultou em menor tempo de mastigação, maior quantidade de MO fermentada no rúmen, ocasionando queda do pH médio do rúmen. A eficiência microbiana e a quantidade total de proteína microbiana produzida foram reduzidas. Além disso, a quantidade de proteína não degradada no rúmen que fluiu para o duodeno

foi menor. O que implica que a quantidade de proteína não degradável da dieta precisaria ser aumentada para compensar a redução da proteína microbiana.

#### Aspectos das fezes

A diarreia intermitente e a presença das partículas não digeridas indicam digestão inadequada e alta taxa de passagem (Nordlund et al., 1995). As fezes são brilhantes, amareladas, tem um cheiro amargo (Kleen et al., 2003), aparecem espumosas com bolhas de gás e contêm quantidades mais do que normais de fibra ou grão não digerido, porque não há formação do “mat” ruminal (Hall, 2002).

#### Porcentagem de gordura no leite

Segundo Gaynor et al. (1994) a depressão da gordura do leite está relacionada com a quantidade de ácidos graxos intermediários ou do tipo *trans* sintetizados no rúmen, absorvidos pelo intestino delgado e incorporados pela glândula mamária na gordura do leite.

Dietas acidogênicas alteram a biohidrogenação dos ácidos graxos insaturados no rúmen, produzindo ácidos graxos intermediários, principalmente ácido linoleico conjugado (CLA) C18:2 trans10 cis12. Estes ácidos graxos não esterificados (AGNE) apresentam potente ação inibidora da síntese de gordura no leite (Bauman e Griinari, 2001).

#### 2.2.3. Formas de prevenção associadas à dieta e ao manejo nutricional

Alguns dos maiores avanços na pecuária leiteira durante os últimos 25 anos foram a mudança para prevenção, em vez de tratamento, e o foco crescente em grupos ou rebanhos (LeBlanc et al., 2006).

#### Tamanho de partícula

Um aspecto importante da nutrição de ruminantes, é que as vacas que consomem FDN suficiente, mas sem o teor adequado de partículas longas, podem exibir os mesmos distúrbios metabólicos do que as vacas que consomem dietas deficientes em fibras (Fahey e Berger, 1988).

No entanto, o NRC (2001) não apresenta recomendações de tamanho de partícula dos alimentos devido à escassez de informações. O conceito de FDN<sub>fe</sub> foi introduzido

para explicar as características físicas da FDN (principalmente tamanho de partícula) que afetam as atividades de mastigação e ruminação (secreção de saliva).

Em alguns estudos, o aumento da ingestão de FDNfe aumentou a atividade de mastigação, mas não houve efeito sobre pH do rúmen (Kononoff et al., 2003). Em contraste, Beauchemin et al. (2003) relataram que a FDNfe foi um indicador confiável da atividade de mastigação e acidose ruminal subclínica.

Além disso, a forragem de fibra longa forma o “mat” ruminal, que estimula contrações reticulo-ruminais. Sem estes movimentos, o conteúdo do rúmen pode ficar estagnado e a remoção de AGV por absorção e passagem de fluido do rúmen ficam comprometidas (Beauchemin e Yang, 2005).

O aumento líquido na secreção salivar devido a 1 h/d a mais de ruminação são cerca de 7 litros, logo auxilia na manutenção do pH que apresenta tendência em atingir menores valores após as refeições (Maekawa et al., 2002).

#### Adaptação do rúmen

Flutuações abruptas na quantidade de alimentos oferecidos no dia a dia e/ou aumento da fermentabilidade da dieta predispõe as vacas à acidose ruminal (Krause e Oetzel, 2005). Mudanças na dieta devem ser feitas de forma gradual para permitir desenvolvimento das papilas ruminais (Penner et al., 2006). O aumento da área superficial e a capacidade de absorção do rúmen protegem a vaca de acúmulo de AGV no rúmen, que é o principal fator da depressão do pH ruminal.

#### Redução da fermentabilidade da dieta

As frações de carboidratos dentro da dieta diferem em sua taxa de degradação, como exemplo açúcares e amidos digeridos mais rápido do que as fibras (Callison et al., 2001).

Para retardar a taxa de fermentação, uma abordagem é substituir porção do concentrado com fontes não forrageiras de fibra, como polpa de beterraba, casca de soja, farelo de alfafa, grãos de destilação, grãos de cerveja e glúten de milho (Grant et al., 1990). No entanto, a estratégia mais efetiva para diminuir a taxa de fermentação no rúmen é aumentar a proporção de forragem na dieta.

### Frequência e disponibilidade da dieta

A frequência do fornecimento da dieta é um aspecto extremamente importante do manejo nutricional para evitar acidose ruminal subclínica. Segundo Allen (1997), o pH ruminal diminui após as refeições e a taxa de declínio do pH eleva à medida que o tamanho da refeição aumenta.

As práticas que fazem com que as vacas comam mais rapidamente também podem estar associadas a uma maior incidência de acidose ruminal subclínica (Krause e Oetzel, 2015).

Milton (1998) relatou que bovinos em confinamento alimentados com forragem à vontade tiveram uma maior frequência de refeições (8,2 vs 4,5 vezes/d) e menor tamanho de refeição (1,6 vs 3,5 kg de MS) do que aqueles alimentados com o tempo restrito.

### Forma de fornecimento da dieta

Alimentar as vacas com dietas totais ao invés de fornecer os alimentos separadamente evita ofertar grandes quantidades de concentrado em uma só vez, o que reduz o risco de acidose (Hernandez-Urdaneta et al., 1976). Esta observação também é apoiada por Ostergaard e Grohn (2000), que associaram o fornecimento dos concentrados separados da forragem com maior probabilidade de distúrbios metabólicos.

Deve-se distribuir a dieta e acompanhar o escore dos comedouros, sobra de alimentos inferior a 5% é indicativo que as vacas estão subalimentadas. Segundo Beauchemin e Penner (2014), a sobra de alimentos ideal antes de uma nova oferta deve ser entre 5 a 10 % do oferecido.

### Aditivos

Por fim, sugere-se a utilização de aditivos para prevenir a acidose, os quais podem ser naturais ou artificiais. São, em sua grande maioria, antimicrobianos que inibem o crescimento de bactérias ruminais Gram-positivo, em especial *Streptococcus bovis* (Oliveira et al., 2016).

Outra opção na prevenção da acidose são os tampões, compostos amplamente empregados em sistemas de produção de leite. Apesar de não corrigem completamente o pH ruminal, auxiliam no seu controle. O mais comumente empregado é o bicarbonato de sódio (Krause e Oetzel, 2005; Owens, 2011).

### 2.3. Aditivos na alimentação animal

Para o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), os aditivos são descritos através da IN 15/2009 da seguinte forma: “Aditivos para produção destinados a alimentação animal: substância, microrganismo ou produto formulado, adicionado intencionalmente aos produtos, que não é utilizado normalmente como ingrediente, tenha ou não valor nutritivo e que melhore as características dos produtos destinados à alimentação animal ou dos produtos animais, melhore o desempenho dos animais sadios e atenda às necessidades nutricionais ou tenha efeito anticoccidiano.”

No Brasil, para que um aditivo possa ser registrado, ele deve ser considerado como indispensável à adequada tecnologia de fabricação do produto, deve influir positivamente nas características do produto destinado à alimentação animal, de produtividade dos animais ou dos produtos de origem animal. Deve ser utilizado na quantidade estritamente necessária à obtenção do efeito desejado, respeitada a concentração máxima que vier a ser fixada. Além de ser previamente autorizado e registrado pela autoridade competente do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Os aditivos zootécnicos incluem os seguintes grupos funcionais: digestivo - substância que facilita a digestão dos alimentos ingeridos, atuando sobre determinadas matérias primas destinadas à fabricação de produtos para a alimentação animal. Equilibradores da microbiota – microrganismos que formam colônias ou outras substâncias definidas quimicamente que têm um efeito positivo sobre a microbiota do trato digestório. E melhoradores/promotores de desempenho/crescimento – substâncias que melhoram os parâmetros de produtividade (MAPA, 2016).

Os principais aditivos utilizados na nutrição de ruminantes podem ser divididos em dois grupos: ionóforos e não ionóforos, varia de acordo com o seu modo de ação.

Os ionóforos começaram a ser utilizados na década de 70. São produzidos principalmente por bactérias do gênero *Streptomyces*. Em 1971, foi aprovada a sua utilização em aves, com o objetivo do controle de coccidioses e em 1975, a Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos aprovou sua utilização como promotor de crescimento para bovinos confinados (McGuffey et al., 2001).

O Ministério da Agricultura autoriza o uso de alguns aditivos melhoradores de desempenho. Como ionóforos está permitido o uso da Monensina, da Lasolocida e da

Salinomicina, e como não ionóforos estão permitidas a Colistina, a Flavomicina e a Virginiamicina (MAPA, 2016).

## 2.4. A Virginiamicina

### 2.4.1. Origem

De Somer e Van Dijck (1955) descobriram e isolaram a molécula da Virginiamicina (VM) na Bélgica. Cocito (1979) identificou a ação da VM na formação da cadeia peptídica, inibindo síntese proteica de bactérias Gram-positivo. Ainda com mais estudos, Hedde (1980) demonstraram que a VM modula fermentação ruminal selecionando microrganismos ruminais. Nagaraja et al. (1987), concluíram que a VM é um potente inibidor da produção de ácido láctico, visto a sensibilidade das bactérias produtoras deste a VM.

Os estudos levaram a descoberta que este composto adicionado aos suplementos controla o metabolismo, aumentando a eficiência de utilização dos alimentos (Van Nevel e Demeyer, 1992).

### 2.4.2. Definição

A VM é um antibiótico da classe das estreptogaminas, produzida por cepas das bactérias *Streptomyces virginiae*, como uma mistura química de dois componentes distintos. O fator M ( $C_{28}H_{35}N_3O_7$ ), de peso molecular 525, componente das estreptogaminas A, e o fator S ( $C_{43}H_{49}N_7O_{10}$ ), de peso molecular 823, componente das estreptogaminas B (Nagaraja et al., 1987).

Os dois componentes (M e S), classificados como polipeptídios, inibem sinergicamente o crescimento das células Gram-positivo (Cocito, 1979), quando combinados à razão de 4:1, respectivamente (Nagaraja e Chengappa, 1998). Individualmente, os componentes são bacteriostáticos, enquanto combinados são bactericidas (Cocito, 1979).

### 2.4.3. Modo de ação

Os mecanismos de ação de antibióticos não ionóforos ainda não são completamente elucidados na literatura e se baseiam em estudos clássicos (Pressman, 1976; Cocito, 1979; Bergen e Bates, 1984; Russell e Strobel, 1989; Spears, 1990).

A VM atinge o local de ação facilmente em bactérias Gram-positivo, passando pela parede celular, enquanto que as bactérias Gram-negativo são menos susceptíveis, em função da impermeabilidade da sua parede celular (Cocito, 1979). Segundo Dennis et al. (1986), por não possuírem membrana externa protetora como as bactérias Gram-negativo, os protozoários e os fungos também são sensíveis à ação da VM.

Ao entrar no ambiente ruminal, a VM entra em contato com a membrana celular das bactérias Gram-positivo (e algumas Gram-negativo) e se difunde no interior das células. Ao penetrar na célula, ambos os fatores da VM (M e S) se ligam especifica e irreversivelmente a subunidade 50S dos ribossomos, inibindo a formação de ligações peptídicas durante a síntese de proteína, não permitindo a tradução da fita de RNA (Cocito, 1979). Os tipos A e B das estreptogaminas inibem as fases precoces e tardias da síntese de proteína em bactérias Gram-positivo (Di Giambattista et al., 1989).

As bactérias classificadas como Gram-positivo, mais susceptíveis, são responsáveis pela produção de amônia, como as *Clostridium* e *Peptostreptococcus*, de lactato, como as *Streptococcus* e *Lactobacillus*, dos ácidos acético e butírico, como as *Butyrivibrio*, *Ruminococcus* e *Fibrobacter*; e de gás carbônico e metano. As bactérias classificadas como Gram-negativo, mais resistentes, são responsáveis pela maior produção de ácido propiônico, a exemplo das *Bacterioides*, *Selenomonas* e *Veillonella*, e pela utilização de lactato, como as *Anaerovibrio*, *Megasfera* e *Selenomonas* (Chen e Wollin, 1979).

#### 2.4.4. Efeitos da Virginiamicina sobre o padrão de fermentação ruminal e digestibilidade dos nutrientes

As alterações nos padrões de fermentação ruminal incluem, a menor produção de metano (Van Nevel e Demeyer, 1992), menor degradação do N de aminoácidos, logo permiti que maior quantidade de N chegue ao intestino delgado (Hogan e Weston, 1969). Redução das variações no consumo quando são inseridas dietas com altas proporções de concentrado (Rogers et al., 1995), e aumento da digestibilidade dos nutrientes (Cocito et al., 1979).

Alterações na relação acetato:propionato em direção ao propionato também podem ocorrer, o que segundo Schelling (1984), proporciona maior eficiência metabólica, tendo em vista que este é o único ácido graxo de cadeia curta (AGCC) utilizado para síntese de glicose no fígado.

Os resultados de estudos *in vitro* com a utilização da VM se assemelham com os de utilização da Monensina. Hedde et al. (1983), Van Nevel et al. (1984) e Coe et al. (1999) mostraram maior produção de propionato em fluidos ruminais com a adição de VM, sem alterar a produção total de AGV no rúmen.

Estudo realizado *in vitro* avaliando duas dietas, com diferentes relações de V:C, 20:80 e 50:50, permitiu analisar o resultado do uso da VM em relação a produção de AGV e de ácido láctico. Os resultados demonstraram que quando utilizada alta proporção de concentrado (80%), o sinergismo entre os fatores (M e S) da VM são capazes de acarretar uma inibição quase completa das bactérias produtoras de ácido láctico (90 a 93%), não alterando a produção final de AGV. No entanto, na dieta com menor proporção de concentrado (50%) não houve diferença na produção de AGV e ácido láctico, com ou sem a inclusão da VM (Nagaraja et al., 1987).

Em outro estudo em que foi avaliada a utilização da VM em dietas com altas proporções de concentrados, fornecidos sem períodos de adaptação prévia, os resultados também evidenciaram que a VM foi capaz de diminuir a quantidade de *Streptococcus bovis*, diminuindo a produção de ácido láctico. No mesmo estudo, foi testada a influência da VM nas bactérias *Fusobacterium necrophrum*, responsáveis por gerar abscessos no fígado. A VM impediu que a população destas bactérias tivesse aumento mesmo com o aumento intenso de grãos na dieta (Coe et al., 1999).

Nagaraja et al. (1987), em estudo *in vitro* do fluido ruminal, mostraram que a VM foi efetiva em reduzir a concentração de ácido láctico. Essa redução na produção do ácido L-lactato pode chegar a 20% (Hedde et al., 1980) e ocorreu com maior intensidade nas primeiras 36 horas do estudo (Coe et al., 1999).

Em contrapartida, Guo et al. (2010) forneceram dieta com 65% de concentrado para novilhos, contendo 30 mg de VM por kg de MS de concentrado, e não observaram mudanças na concentração do ácido L-lactato no fluido ruminal.

Segundo Coe et al. (1999), a VM é um antibiótico que demonstra grande eficácia, principalmente, na adaptação dos animais às dietas com alta proporção de concentrado prevenindo doenças metabólicas. Além disto, pode melhorar a saúde dos animais, pois sua administração causa alterações das populações bacterianas presentes no rúmen e em reflexo desta ação estabiliza o pH do ambiente ruminal (Nuñez et al., 2013).

Hedde et al. (1980) e Godfrey et al. (1995) registraram maior pH de rúmen e pH fecal em bovinos e ovelhas em dietas de alto grão e suplementadas com VM em comparação com aquelas que não recebiam o aditivo.

Rogers et al. (1995) em sete experimentos no decorrer de quatro anos mostraram que a VM reduziu a incidência de abscesso hepático em novilhos em confinamento de 30% para 20%.

Clayton et al. (1999) demonstraram que, em vacas leiteiras recebendo 10 kg de MS/d de concentrado, houve uma tendência para maior pH de rúmen nas vacas suplementadas com VM mais bicarbonato de sódio do que apenas com bicarbonato de sódio.

Em contrapartida, Valentine et al. (2000) não observaram diferença no pH ruminal de vacas leiteiras alimentadas com 8 kg de MS de concentrado por dia e suplementadas com VM ou VM + bicarbonato de sódio, ou sem nenhum aditivo. Estes autores justificaram a ausência de resposta pelo fato das vacas já estarem adaptadas a proporções relativamente moderadas de inclusão de concentrado.

De acordo com Hegazy e Elias (1997), a queda da concentração de amônia ruminal, em decorrência da menor degradação de peptídeos e aminoácidos no rúmen, que, posteriormente, são digeridos e absorvidos no intestino delgado, também tem sido demonstrada como efeito secundário à suplementação com a VM. Uma explicação para este evento é que as duas principais bactérias responsáveis pela desaminação de proteínas no rúmen, a *Clostridium aminophilum* e a *Clostridium stickandii*, bactérias Gram-positivo, têm seu crescimento afetado pelo uso da VM.

Outros trabalhos na literatura relataram que a VM pode atuar como inibidor da produção de metano (Van Nevel et al., 1984; Van Nevel e Demeyer, 1992; Godfrey et al., 1995; Nagaraja et al., 1995a). Nagaraja et al. (1995b) sugeriram algumas possibilidades ocasionadas pela VM para explicar esta influência, como a inibição de protozoários e/ou bactérias produtoras de metano, ou por alterar o padrão de fermentação ruminal com aumento de propionato, o que direciona o hidrogênio para outra rota metabólica que não a produção de metano.

Finlay et al. (1994) estabeleceram ligação entre a produção de metano e os protozoários, devido a fixação de bactérias metanogênicas à superfície dos protozoários, sugerindo um efeito de simbiose entre estes microrganismos. Murray et al. (1992) observaram redução do número de protozoários com a adição de VM, menores

quantidades de *Entodinium* também foram observadas em ovinos alimentados com a VM (Nagaraja et al., 1995b).

No estudo de Clayton et al. (1996) foi observado redução da produção de metano por ovinos durante três dias consecutivos após a inclusão de concentrado com a VM (15mg/kg de MS). Houve aumento nas concentrações de propionato, mostrando que a ação primária pode ser aumentar as concentrações deste AGV e assim reduzir a quantidade de hidrogênio disponível para a produção de metano.

A literatura tem se mostrado bastante contraditória no que diz respeito aos resultados de digestibilidade de nutrientes em dietas de bovinos contendo aditivos, ou até mesmo escassa no caso da VM (Galloway et al., 1993; Zinn et al., 1994; Fereli et al., 2010).

Procurando estudar a partição da digestão, Salinas-Chavira et al. (2009) forneceram dietas à base de milho floculado, farelo de canola, farinha de peixe, gordura amarela, melaço de cana-de-açúcar, calcário, ureia e feno de capim Sudão (10%) a novilhos da raça Holandês canulados no rúmen e duodeno proximal para avaliar os efeitos da VM nas doses 16 e 22,5 mg/kg de MS. Os autores não observaram efeito da VM na digestão ruminal da MO, da FDN, do amido, do N e sobre a eficiência microbiana expressa em gramas de N microbiano por kg de MO fermentada.

Entretanto, Oliveira et al. (2015) avaliaram o efeito da suplementação de Salinomicina (120 mg/kg de MS) e/ou da VM (150 mg/kg de MS) na dieta de vacas leiteiras, manejadas em pastejo intensivo de *Panicum maximum cv. Tanzânia* e encontraram menor digestibilidade da FDN nos grupos que foram suplementados com os antimicrobianos associados. Os autores associaram estes resultados ao efeito tóxico da VM sobre a microbiota ruminal celulolítica.

#### 2.4.5. Desempenho de vacas leiteiras suplementadas com Virginiamicina

Clayton et al. (1999) observaram tendência para aumentar a produção de leite e lactose nas vacas suplementadas com VM. Neste estudo, foram avaliadas 71 vacas da raça Holandês, que pastejavam predominantemente azevém, aveia e trevo, suplementadas com 10 kg de MS de concentrado/d. Os aditivos foram incluídos nas doses de 30 mg de VM/kg de MS do concentrado, 20 g de bicarbonato de sódio/kg de MS do concentrado ou 30 mg de VM/kg de MS do concentrado mais 20 g de bicarbonato de sódio/kg de MS do concentrado. A concentração de ácido no fluido ruminal *in vitro* foi menor nas vacas que receberam VM. Essas diferenças nas

concentrações de ácido L-láctico foram menos presentes no final do estudo, sugerindo que adaptações às dietas podem ocorrer, embora o tratamento por interação no tempo não tenha sido significativo.

Valentine et al. (2000) avaliaram por 63 dias 153 vacas da raça Holandês, manejadas em pastejo intensivo, com ingestão de 7, 10 ou 13 kg de MS de concentrado por dia, suplementadas com 300 mg de VM ou 300 mg de VM mais 200 gramas de bicarbonato de sódio, ou sem receber nenhum aditivo. Não houve diferença entre os tratamentos para a produção de leite, a composição do leite e condição corporal. No entanto, houve interação entre a quantidade de concentrado ofertada e os aditivos utilizados. Estes autores observaram maior ingestão de concentrado pelas vacas que recebiam 13 kg de MS de concentrado e suplementadas com VM ou VM mais bicarbonato de sódio em comparação com as vacas que não receberam os aditivos. Os autores sugeriram que apesar das outras variáveis avaliadas indicarem ausência de acidose subclínica, o menor consumo de concentrados é potencial indicativo do início desta.

Erasmus et al. (2008) avaliaram quarenta vacas multíparas da raça Holandês, os tratamentos experimentais foram: dieta controle, dieta com inclusão de 15 ppm de Monensina, dieta com inclusão de 20 ppm de VM e dieta com inclusão de 15 ppm de Monensina mais 20 ppm de VM. A relação V:C da dieta era 32:68. O CMS não diferiu entre os tratamentos, mas a produção de leite corrigida para energia foi superior para o grupo suplementado com a associação dos dois aditivos VM + Monensina (43,3 kg/d) quando comparado aos tratamentos Monensina (37,4 kg/d), VM (36,6 kg/d) e controle (38,9 kg/d). Os autores justificam o sinergismo entre a VM e a Monensina, expandido para os resultados que a VM apresenta na suplementação de monogástricos. O principal modo de ação em não ruminantes é o aumento da disponibilidade de nutrientes devido a inibições seletivas de espécies de bactérias entéricas que habitam o aparelho digestivo. Estudos com suínos em crescimento mostraram que a VM inibe a descarboxilação de aminoácidos e ureia e assim substitui o aminoácido essencial pela redução na formação de amônia e aminas (Dierick et al., 1986).

Também foi relatado por Henderickx et al. (1981) que a VM contribui para o crescimento melhorado em monogástricos alterando a permeabilidade de mucosa intestinal, aumentando a absorção de nutrientes. Esses efeitos foram demonstrados, por Miles et al. (2006), onde a VM diminuiu o peso do trato intestinal através do desbaste

da parede intestinal, aumentou o número de vilosidades por unidade de área e melhorou desempenho de frangos de corte.

Silva (2013) avaliou o efeito da inclusão de soja tostada e da VM na suplementação de vacas leiteiras em pastagens com produção de  $21 \pm 1,23$  kg de leite e com suplementação de 7 kg de MS de concentrado. A VM não influenciou o CMS e a produção de leite. Entretanto aumentou a concentração de glicose plasmática 2 e 3 horas após a oferta de concentrado.

Oliveira et al. (2015) avaliaram a suplementação de Salinomicina (120 mg/kg de MS) e/ou da VM (150 mg/kg de MS) na produção e nos parâmetros ruminais de vacas leiteiras, manejadas em pastejo intensivo de *Panicum maximum* cv. *Tanzânia*. A suplementação com Salinomicina e VM reduziu a ingestão de MS e FDN. Os dados de produção e composição de leite não apresentaram diferenças entre as dietas experimentais. Contudo, os animais que foram suplementados apresentaram melhor eficiência alimentar.

Diante dos dados apresentados na literatura percebe-se que dietas em que a cana-de-açúcar é a principal fonte volumosa, se torna necessária alta inclusão de concentrado, pela baixa digestibilidade da fibra deste material, tornando estes animais mais propensos a desenvolverem acidose ruminal.

Neste contexto, a VM surgiu com grande potencial frente a este desafio visto os dados de estudos *in vitro* descritos na literatura que relatam a sua alta capacidade em controlar ou inibir a produção de ácido lático. Entretanto os dados de desempenho de vacas leiteiras com a utilização de VM são escassos e se contradizem quanto ao seu efeito sobre o desempenho destes animais.

## 2.5. Referências bibliográficas

- ALLEN, M.S. Relationship between fermentation acid production in the rumen and the requirement for physically effective fiber. *Journal of Dairy Science*, v.80, p.1447–1462, 1997.
- ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.83, n.7, p.1598-1624, 2000.
- BAUMAN, D.E.; GRIINARI, J.M. Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*, v.70, p.15-29, 2001.
- BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z.; MORGAVI, D.P.; GHORBANI, G.R.; KAUTZ, W. Effects of bacterial direct-fed microbials and yeast on site and extent of digestion, blood chemistry, and subclinical rumen acidosis in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v.81, p.1628–1640, 2003.
- BEAUCHEMIN, K.A.; PENNER, G. New developments in understanding ruminal acidosis in dairy cows, 2014. Disponível em: <<http://articles.extension.org/pages/26022/new-developments-inunderstanding-ruminal-acidosis-in-dairy-cows>>. Acessado em 21 de setembro de 2017.
- BEAUCHEMIN, K.A.; YANG, W.Z. Effects of physically effective fiber on intake, chewing activity, and ruminal acidosis for dairy cows fed diets based on corn silage. *Journal of Dairy Science*, v.88, p.2117-2129, 2005.
- 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.
- BRITTON, R.A.; STOCK, R.A. Acidosis, rate of starch digestion and intake. In: *Proceedings of the 1986 Feed Intake Symposium*, MP 121, Oklahoma Agricultural Experiment Station, Norman, Oklahoma, p. 125–137, 1987.
- BROWN, M.S.; KREHBIEL, C.R.; GALYEAN, M.L.; REMMENGA, J.P.; HIBBARD, B.; ROBINSON, J.; MOSELEY, W.M. Evaluation of models of acute and subacute acidosis on dry matter intake, ruminal fermentation, blood chemistry, and endocrine profiles of beef steers. *Journal of Animal Science*, v.78, p.3155–3168, 2000.

- CALLISON, S.L.; FIRKINS, J.L.; EASTRIDGE, M.L.; HULL, B.L. Site of nutrient digestion by dairy cows fed corn of different particle sizes or steam-rolled. *Journal of Dairy Science*, v.84, n.6, p.1458-1467, 2001.
- CAMMACK, R. Assay, purification and properties of mammalian D-2-hydroxy acid dehydrogenase. *Biochemistry Journal, London*, v.115, n.1, p.55-64, 1969.
- CARTER, R.R.; GROVUM, W.L. A review of the physiological significance of hypertonic body fluids on feed intake and ruminal function: salivation, motility and microbes. *Journal of Animal Science*, v.68, p.2811–2832, 1990.
- CHEN, M.; WOLIN, M. J. Effect of monensin and lasalocid – sodium on the growth of methanogenic and rumen sacchrolytic bactéria. *Applied Environmental Microbiology*, v.38, p.72, 1979.
- CLAYTON, E. H.; HANSCH, E. J.; HUIJNEN, P. T. A. J.; ROWE, J. B. Controlling methane production with virginiamycin. *Australian Society of Animal Production*, v.21, p.239-242, 1996.
- CLAYTON, E.H.; LEAN, I.J.; ROWE, J.B.; COX, J.W. Effects of feeding virginiamycin and sodium bicarbonate to grazing lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.82, p.1545-1554, 1999.
- COCITO, C. Antibiotics of the virginiamycin family, inhibitors which contain synergistic components. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, Washington, v.43, p.145-192, 1979.
- COE, M. L.; NAGARAJA, T. G.; SUN, Y. D.; WALLACE, N.; TOWNE, E.G.; KEMP, K.E.; HUTCHESON, J.P. Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in cattle during adaptation to a high concentrate diet and during an induced acidosis. *Journal of Animal Science*, v.77, p.2259-2268, 1999.
- CONSTABLE, P. D. Fluid and electrolyte therapy in ruminants. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, Philadelphia, v.19, n. 3, p.557-597, 2003.
- CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.; RAMOS, M.H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. *Scientia Agricola*, v.60, p.221-229, 2003.

- COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2437-2445, 2005.
- DE SOMER P; VAN DIJCK P. A preliminary report on antibiotic number 899. *Antibiot Chemother*, v.5, n.11, p.632-639, 1955.
- DENNIS, S.M.; NAGARAJA, T.G.; DAYTON, A.D. Effect of lasalocid, monensin and thiopeptin on rumen protozoa. *Research in Veterinary Science*, v.41, n.2, p.251-256, 1986.
- DIERICK, N.A.; VERVAECKE, I.J.; DECUPYPERE, J.A.; HENDERICKX, H.K. Influence of the gut flora and some growth promoting feed additives on nitrogen metabolism in pigs. In *Studies in vivo. Livestock Production Science*, v.14, p.161–168, 1986.
- DI GIAMBATTISTA, M.; CHINALI, G.; COCITO, C. The molecular basis of the inhibitory activities of type a, type B synergimycins, and related antibiotics on ribosomes. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, v.24, p.485–507, 1989.
- DIRKSEN, G.U.; LIEBICH, H.G.; MAYER, E. Adaptive changes of the ruminal mucosa and their functional and clinical significance. *Bovine Practitioner*, v.20, p.116–120, 1985.
- ENEMARK, J.M.D. The monitoring, prevention and treatment of sub-acute ruminal acidosis (SARA): A review. *The Veterinary Journal*, v.176, p.32-43, 2008.
- ERASMUS, L.J.; MUYA, A.C.; ERASMUS, A.S.; COERTZE, B.R.F.; CATTO, B.D.G. Effect of virginiamycin and monensin supplementation on performance of multiparous Holstein cows. *Livestock Science*, v.119, p.107-115, 2008.
- EWASCHUK, J. B.; NAYLOR, J. M.; ZELLO, G. A. D-lactate in human and ruminant metabolism. *The Journal of Nutrition*, v.135, n.7, p.1619-1625, 2005.
- FAHEY, G. C.; BERGER, L. L. Carbohydrate nutrition of ruminants. *Ruminant Animal Digestive Physiology and Nutrition*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, p.269–279, 1988.

- FERELI, F.; BRANCO, A. F.; JOBIM, C. C.; CONEGLIAN, F.G.; BARRETO, J.C. Monensina sódica e *Saccharomyces cerevisiae* em dietas para bovinos: fermentação ruminal, digestibilidade dos nutrientes e eficiência de síntese microbiana. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.39, n.1, p.183-190, 2010.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; LANA, R.P.; PEREIRA, J.C.; CABRAL, L.S.; VITTORI, A.; PEREIRA, E.S. Estimativas da produção de leite por vacas holandesas mestiças, segundo o sistema CNCPS, em dietas contendo cana-de-açúcar com diferentes valores nutritivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.30, n.4, p.1350-1357, 2001.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum*spp.L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de colheita. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- FERNANDO, S. C.; PURVIS II, H. T.; NAJAR, F. Z.; SUKHARNIKOV, L. O.; KREHBIEL, C. R.; NAGARAJA, T. G.; ROE, B. A.; De SILVA, U. Rumen microbial population dynamics during adaptation to a high grain diet. *Applied and Environmental Microbiology*, v.76, n.22, p.7482-7490, 2010.
- FIGUEIRAS NETO, G. Substituição parcial do farelo de soja por ureia encapsulada para vacas leiteiras alimentadas com cana-de-açúcar. 2011. 62f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- FINLAY, B. J.; ESTEBAN G.; CLARKE, K. J.; WILLIAMS, A.G.; EMBLEY, T.M.; HIRT, R.P. Some rumen ciliates have endosymbiotic methanogens. *FEMS Microbiology Letters*, v.117, p.157-161, 1994.
- FIRKINS, J. Effect of physical processing of corn silage and grain. In: *Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference*, Ohio State Cooperative Extension Service, Columbus, Ohio, p.205–218, 1997.

- FULTON, W.R.; KLOPFENSTEIN, T.J.; BRITTON, R.A. Adaptation to high concentrate diets by beef cattle. I. Adaptation to corn and wheat diets. *Journal of Animal Science*, v.49, p.775–784, 1979.
- GALAN, V.B.; NUSSIO, L.G. Novos custos para cana-de-açúcar. In: GALAN, V.B. (Ed.) *Boletim do leite*. Piracicaba: CEPEA/FEALQ, n.74, 2000.
- GALLOWAY, D. L.; GOETSCH, A. L.; PATIL, A. et al. Feed intake and digestion by Holstein steer calves consuming low-quality grass supplemented with lasalocid or monensin. *Canadian Journal of Animal Science*, v.73, p.869-879, 1993.
- GARRY, F.B. Indigestion in ruminants. In: SMITH, B.P. (Ed.), *Large Animal Internal Medicine*, 3ed. Mosby, St. Louis and Baltimore, p. 722–747, 2002.
- GAYNOR, P.J.; ERDMAN, R.A.; TETER, B.B. Milk fat yield and composition during abomasal infusion of cis or trans octanodecenoates in Holstein cows. *Journal of Dairy Science*, n.77, p.157-165, 1994.
- GOAD, D.W.; GOAD, C.L.; NAGARAJA, T.G. Ruminal microbial and fermentative changes associated with experimentally induced subacute acidosis in steers. *Journal of Animal Science*, v.76, p.234–241, 1998.
- GODFREY, S. I.; ROWE, J. B.; THORNILEY, G. R.; BOYCE, M.D.; SPEZJERS, E.J. Virginiamycin to protect sheep fed wheat, barley or oats from grain poisoning under simulated drought feeding conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.46, p.393-401, 1995.
- GOODING, E.G.B. Efeito de la calidad de la caña sobre su valor como alimento para bovinos. *Tropical Animal Health and Production*, v.7, p.76-97, 1982.
- GRANT, R.J.; COLENBRANDER, V.F.; MERTENS, D.R.; Milk fat depression in dairy cows: role of silage particlesize. *Journal of Dairy Science*, v.73, p.1834–1842, 1990.
- GUO, T. J.; WANG, J. Q.; LIU, K. L.; WANG, J.P.; LI, D.; LUAN, S.Y.; HUO, X.K. Evaluation of the microbial population in ruminal fluid using time PCR in steers treated with virginiamycin. *Czech Journal of Animal Science*, v.55, n.7, p.276-285, 2010.

- HALL, M.B. Characteristics of manure. In: Proceedings of the Tristate Dairy Nutrition Conference, Fort Wayne, Indiana, US, p. 141–147, 2002.
- HEDDE, R.D.; ARMSTRONG, D.G.; PARISH, R.C.; QUACH, R. Virginiamycin effect on rumen fermentation in cattle. *Journal of Animal Science*, v.51, p.366-367, 1980.
- HEDDE, R.D.; SHOR, L.; QUACH, R. Virginiamycin activity and safety in ruminants. *Veterinary pharmacology and toxicology*, p.768-770, 1983.
- HEGAZY, M. A.; ELIAS, A. N. Influence of dietary monensin and lasalocid on age and weight of Barki ram- and ewe-lambs at puberty. *Assiut Veterinary Medicine Journal*, v.37, n.74, p.1-15, 1997.
- HENDERICKX, H.K.; VERVAECKE, I.J.; DECUPYPERE, J.A.; DIERICK, N.A. Mode of action of growth promoting drugs. Proc. Growth Promotion Mode-of-Action: Symposium, SmithKline Animal Health Products, West Chester, p. 3, 1981.
- HERNANDEZ-URDANETA, A.; COPPOCK, C.E.; MCDOWELL, P.E.; GIANOLA, D. Changes in forage-concentrate ratio of complete feeds for dairy cows. *Journal of Dairy Science*. v.59, p.695–705, 1976.
- HOGAN, J.P.; WESTON, R.H. The digestion of pasture plants by sheep. III. The digestion of forage oats varying in maturity and in the content of protein and soluble carbohydrate. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.20, n.2, p.347-363, 1969.
- HOOVER, W.H. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. *Journal of Dairy Science*, v.69, n.10, p.2755-2766, 1986.
- KHAFIPOUR, E.; LI, S.; PLAIZIER, J. C.; KRAUSE, D. O. Rumen microbiome composition determined using two nutritional models of subacute ruminal acidosis. *Applied and Environmental Microbiology*, v.75, n.22, p.7115 -7124, 2009.
- KLEEN, J. L.; HOOIJER, H. A.; REHAGE, J.; NOODHUIZEN, J. P. T. M. Subacute ruminal acidosis (SARA): a review. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, v.50, n.8, p.406-414, 2003.

- KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; LEHMAN, H. A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.86, p.3343–3353, 2003.
- KRAJCARSKI-HUNT, H.; PLAIZIR, J.C.; WALTON, J.P.; SPRATT, R.; MCBRIDE, B.W. Effect of subacute ruminal acidosis on *in situ* fiber digestion in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.85, p.570–573, 2002.
- KRAUSE, K. M.; OETZEL, G. R. Inducing subacute ruminal acidosis in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, Champaign, v.88, n.10, p.3633–3639, 2005.
- KRAUSE, K.M.; OETZEL, G.R. Understanding and preventing subacute ruminal acidosis in dairy herds: A review. *Feed and Animal Health*, p.216-232, 2015.
- LEBLANC, S.J.; LISSEMORE, K.D.; KELTON, D.F.; DUFFIELD, T.F.; LESLIE, K.E. Major advances in disease prevention in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, v.89, p.1267–1279, 2006.
- LEEK, B. F. Digestão no estômago dos ruminantes. In: SWENSON, M.J.; REECE, W. O. *Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos*. 11.ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan S.A., 1996. cap.21, p.353-380.
- LENG, R.A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la cañade azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en rumiantes. In: PRESTON, T.R.; ROSALRS, M. (Eds.) *Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable com recursos tropicales*, 1988, p.1-24.
- MACKIE, R.I.; GILCHRIST, F.M.C. Changes in lactate-producing and lactate-utilising bacteria in relation to pH hydrogen-ion concentration in the rumen of sheep during stepwise adaptation to a high-concentrate diet. *Applied and Environmental Microbiology*, v.67, p.422–430, 1979.
- MAEKAWA, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; CHRISTENSEN, D.A. Effect of concentrate level and feeding management on chewing activities, saliva production, and ruminal pH of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. v.85, p.1165–1175, 2002.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; MENDES NETO, J.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem

de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.

MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; CABRAL, L.S.; MELLO, R.; FREITAS, J.A.; TORRES, R.A.; VALADARES FILHO, S.C.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.2, p.591-599, 2006.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/>>. Acessado em: dezembro de 2017.

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.194-203, 2001.

MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SOARES, C.A.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C.; ASSIS, A.J.; PEREIRA, M.L.A. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.2, p.481-492, 2004.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. *Journal of Animal Science*, v.64, n.8, p.1584-1558, 1987.

MILES, R.D.; BUTCHER, G.D.; HENRY, P.R.; LITTELL, R.C. Effect of antibiotic growth promoters on broiler performance, intestinal growth parameters and quantitative morphology. *Poultry Science*, v.85, p.476-485, 2006.

MILTON, T. Feed bunk and feed ingredient management: perspectives from the beef feedlot industry. In: *Proceedings of the Dairy Feeding Systems Management, Components and Nutrition Conference, NRAES-116, Natural Resources, Agriculture, and Engineering Cooperative Extension Service, Ithaca, New York*, p.222-229, 1998.

MURRAY, P. J.; ROWE, J. B.; AITCHISON, E. M.; WINSLOW, S.G. Liveweight gain and wool growth in sheep fed rations containing virginiamycin. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.32, p.1037-1043, 1992.

- NAGARAJA, T.G.; TAYLOR, M.B.; HARMON, D.L.; BOYER, J.E. *In vitro* lactic acid inhibition alterations in volatile fatty acid production by antimicrobial feed additives. *Journal of Animal Science*, v.65, p.1064 – 1076, 1987.
- NAGARAJA, T.G.; TAYLOR, M.B. Susceptibility and resistance of rumenal bacteria to antimicrobial feed additives. *Applied and Environmental Microbiology*, v.53, n.7, p.1620-1625, 1987.
- NAGARAJA, T. G.; GODFREY, S. I.; WINSLOW, S. W.; ROWE, J. B. Effect of virginiamycin on ruminal fermentation in faunated or ciliate-free sheep overfed with barley grain. *Small Ruminant Research*, v.17, p.1–8, 1995a.
- NAGARAJA, T. G.; GODFREY, S. I.; WINSLOW, S. W.; ROWE, J. B. Responses in ciliated protozoa and rumen fermentation in sheep supplemented with barley and virginiamycin. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.46, p.523–529, 1995b.
- NAGARAJA, T.G.; CHENGAPPA, M.M. Liver abscesses in feedlot cattle: A review. *Journal of Animal Science*, v.76, p.287- 298, 1998.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. *Nutrient Requirements of Dairy Cattle*. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, 2001.
- NORDLUND, K.V.; GARRETT, E.F.; OETZEL, G.R. Herd-based rumenocentesis: a clinical approach to the diagnosis of subacute rumen acidosis. *Compendium on Continuing Education fo the Practising Veterinarian*, v.17, p.48–56, 1995.
- NUÑEZ, A.J.C.; CAETANO, M.; BERNDT, A.; DEMARCHI, J.J.A.A.; LEME, P.R.; LANA, D.P.D. Combined use of ionophore and virginiamycin for finishing Nellore steers fed high concentrate diets. *Scientia Agricola*, v.70, p.229-236, 2013.
- NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; SCHOGOR, A.L.B.; MARI, L.J. Cana-de-açúcar como alimento para bovinos. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO ESTRATÉGICO DA PASTAGEM, 3, 2006, Viçosa. Anais... Viçosa: FUNERB, 2006. p. 277-328.
- OLIVEIRA M. D. S.; SAMPAIO, A. A. M.; CASAGRANDE, A. A. Efeito de variedades de cana-de-açúcar sobre a composição químico-bromatológica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35.

1998, Botucatu. Anais... Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gnosis, [1998] CD-ROM

OLIVEIRA, M.D.S.; CASAGRANDE, A.A.; OLIVEIRA, E.F.S. Efeito da digestibilidade *in vitro* de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. ARS Veterinária, v.17, n.3, p.238-243, 2001.

OLIVEIRA, I. S. D.; SOUSA, D. D. P.; QUEIROZ, A. C. D.; MACEDO, B. G.; NEVES, C. G.; BIANCHI, I. E.; TEOBALDO, R. W. Salinomycin and virginiamycin for lactating cows supplemented on pasture. Scientia Agricola, v.72, n.4, p.285-290, 2015.

OLIVEIRA, F.L.C.; SOUSA, R.S.; SANTOS, J.A.A.; ARAUJO, C.A.S.C.; WHITE, C.R.; HONDA, B.T.B.; GALVÃO, A.L.C.O.; MORI, C.S.; MINERVINO, A.H.H.; ORTOLANI, E.L. Use of virginiamycin and monensin to mitigate rumen lactic acidosis in beef cattle In: PROCEEDINGS OF THE CONGRESS OF THE WORLD ASSOCIATION FOR BUAIATRICS, 29. 2016, Dublin, Ireland. Anais... Dublin: 2016.

OLSSON, G.C.; BERGSTEN, C.; WIKTORSSON, H. The influence of diet before and after calving on the food intake, production and health of primiparous cows, with special reference to sole haemorrhages. Journal of Animal Science, v.66, p.75–86, 1998.

ORTOLANI, E. L.; MARUTA, C. A.; MINERVINO, A. H. M. Aspectos clínicos da indução experimental de acidose láctica ruminal em zebuínos e taurinos. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v.47, n.4, p.253-261, 2010.

OSTERGAARD, S.; GRÖHN, Y. T. Concentrate feeding, dry-matter intake, and metabolic disorders in Danish dairy cows. Livestock Production Science, v.65, p.107–118, 2000.

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

OWENS, F. N. Clinical and subclinical acidosis. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE RUMINANTES – SAÚDE DO RÚMEN, 3. 2011, Botucatu. Anais eletrônicos...[CDROM], Botucatu: UNESP, 2011.

- PENNER, G.B.; BEAUCHEMIN, K.A.; MUTSVANGA, T. An evaluation of the accuracy and precision of a stand-alone submersible continuous ruminal measurement system. *Journal of Dairy Science*, v.89, p.2132–2140, 2006.
- PIRES, A. V.; SUSIN, I.; SIMAS, J.M.C.; JÚNIOR, R.C.O.; FERNANDES, J.J.R.; ARAUJO, R.C.; MENDES, C.Q. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão sobre o desempenho de vacas holandesas em lactação. *Ciência Animal Brasileira*, v.11, n.2, p.251-257, 2010.
- PIRES, A.J.V.; REIS, R.A.; CARVALHO, G.G.P.; SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F.; RUGGIERI, A.C.; ROTH, M.T.P. Degradabilidade ruminal da matéria seca, da proteína bruta e da fração fibrosa de silagens de milho, sorgo e de *Brachiaria brizantha*. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, v.62, n.2, p.391-400, 2010.
- PRESSMAN, B.C. Biological applications of ionophores. *Annual Review of Biochemistry*, v.45, p.501-530, 1976.
- PRESTON, T.R.; LENG, R. A. La caña de azúcar como alimento para los bovinos. *Revista Mundial de Zootecnia*, n.27, p.7-12, 1978.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. *Journal of Animal Science*, v.54, n.4, 877-883, 1982.
- QUEIROZ, O.M.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L.; SANTOS, M.V.; ZOPOLLATTO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.2, p.358-365, 2008.
- RIBEIRO, E.G.; ESTRADA, L.H. C.; FONTES, C.A.A.; AGUIAR, R.S.; ROCHA, L.V. Níveis de substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar na alimentação de vacas de leite (consumo alimentar). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37. 2000. Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ, 2000.1 CD-ROM.
- RODRIGUEZ, N.M. Pesquisas sobre dinâmica da fermentação ruminal e partição da digestão realizadas no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS

NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. Anais...Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.355-388.

ROGERS, J.A.; BRANINE, M.E.; MILLER, C.R.; WRAY, M.I.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; GILL, D.R.; PRITCHARD, R.H.; STILLBORN, R.P.; BECHTOL, D.T. Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v.73, n.1, p.9-20, 1995.

RUSSELL, J.B.; ALLEN, M.S. Physiological basis for interaction among rumen bacteria: *Streptococcus bovis* and *Megasphaera elsdenii* as a model. In: Klug, M.J., Reddy, C.A. (Eds.), *Current Perspectives in Microbial Ecology*. American Society of Microbiology, Washington, DC, p. 239–247, 1983.

RUSSELL, J.B.; HINO, T. Regulation of lactate production in *Streptococcus bovis*: a spiralling effect that contributes to rumen acidosis. *Journal of Dairy Science*, v.68, p.1712–1721, 1985.

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

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

SALINAS-CHAVIRA, J.; LENIN, J.; PONCE, E.; SANCHEZ, U.; TORRENTERA, N.; ZINN, R.A. Comparative effects of virginiamycin supplementation on characteristics of growth-performance, dietary energetics, and digestion of calf-fed Holstein steers. *Journal of Animal Science*, v.87, p.4101-4108, 2009.

SANTOS, V.P. Tamanho de partículas da cana-de-açúcar in natura na alimentação de vacas e cabras em lactação. 2010. 121f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura, Piracicaba.

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

- SILVA, R.C. Suplementação da dieta de vacas leiteiras mantidas em pastagens com Virginiamicina e soja crua ou tostada. 2013. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SIQUEIRA, G.R.; ROTH M.T.P.; MORETTI, M.H.; BENATTI, J.M.B.; RESENDE, F.D. Use of sugarcane in ruminant nutrition, *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, v.13, n.4, p.991-1008, 2012
- SPEARS, J.W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. *Journal of Nutrition*, v.120, n.6, p.632-638, 1990.
- STOCK, R. Acidosis in cattle: an overview. In: Proceedings of the 33rd Annual Convention of the American Association of Bovine Practitioners, Rapid City, USA, p. 30–37, 2000.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p
- VALENTINE, S.C.; CLAYTON, E.H.; JUDSON, G.J.; ROW, J.B. Effect of virginiamycin and sodium bicarbonate on milk production, milk composition and metabolism of dairy cows fed high levels of concentrate. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.40, p.773-781, 2000.
- VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I.; HENDERICKX, H. K. Effect of virginiamycin on carbohydrate and protein metabolism in the rumen *in vitro*. *Archive Tiererneahr*. v.34, p.149-165, 1984.
- VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Influence of antibiotics and a deaminase inhibitor on volatile fatty acids and methane production from detergent washed hay and soluble starch by rumen microbes *in vitro*. *Animal Folding Science Technology*, v.37, p.21-31. 1992.
- VAN SOEST, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2.ed. New York: Cornell University Press. Ithaca. 476p.
- YANG, W. Z.; BEAUCHEMIN, K. A. Optimizing particle size of dairy cow diets with a Penn State Particle Separator. *Advanced Dairy Science and Technology*, v.14, p.351, 2002.

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

### 3. ARTIGO CIENTÍFICO

Suplementação de vacas leiteiras com Virginiamicina em dietas à base de cana-de-açúcar

Supplementation of dairy cows with Virginiamycin in diets based on sugarcane

#### 3.1. Resumo

Objetivou-se avaliar a utilização Virginiamicina em dietas a base de cana-de-açúcar sobre os dados de desempenho de vacas leiteiras e digestibilidades aparentes dos nutrientes. Foram utilizadas 20 vacas mestiças F1 (Holandês x Gir), com média de  $80 \pm 49$  dias de lactação, produção média diária de leite de  $27 \pm 3,8$  kg e peso corporal médio de  $588 \pm 68$  kg. Em delineamento de ensaio de Reversão Dupla (*Switch Back*), com três períodos experimentais de 35 dias cada, sendo 7 dias de coleta de dados e amostras. As dietas experimentais foram balanceadas, segundo o NRC (2001), para serem isoprotéicas (16,0 % PB) e isoenergéticas (68,4 % NDT). O grupo controle recebeu a dieta sem inclusão da VM, já o grupo tratamento foi suplementado com a VM adicionada à formulação do concentrado na dose de 300 mg/vaca/d. Não houve diferença no consumo de matéria seca e nutrientes. O grupo suplementado com VM apresentou maior digestibilidade aparente da proteína e tendência em aumentar a digestibilidade da FDN e da matéria seca da dieta. Os valores de produção e composição do leite não foram influenciados pela adição de VM assim como o pH fecal. Não foram observadas diferenças nas concentrações de glicose plasmática e NUP. A adição de VM aumentou a síntese relativa de proteína microbiana.

Palavras-chaves: aditivos, acidose, rúmem, fermentação

#### 3.2. Abstract

The objective of this study was to evaluate the use of Virginiamycin in sugarcane based diets on performance data of dairy cows and apparent digestibilities of nutrients. Twenty crossbred F1 (Holstein x Gir) cows were used, averaging  $80 \pm 49$  days of lactation, average daily milk production of  $27 \pm 3.8$  kg and mean body weight of  $588 \pm 68$  kg. In a Switch Back Reversal trial design, with three experimental periods of 35 days each, being 7 days of data collection and samples. The experimental diets were

balanced according to NRC (2001) to be isoproteic (16, 0% PB) and isoenergetic (68, 4% NDT). The control group received the diet without inclusion of MV, whereas the treatment group was supplemented with MV added to the concentrate formulation at the dose of 300 mg/cow /d. There was no difference in dry matter and nutrient intake. The group supplemented with MV had higher apparent digestibility of the protein and tendency to increase the digestibility of NDF and diet dry matter. Milk production and composition values were not influenced by addition of MV as well as faecal pH. No differences were observed in plasma glucose and NUP concentrations. The addition of MV increased the relative synthesis of microbial protein.

Keywords: additives, acidosis, pH, rumen, fermentation

### 3.3. Introdução

A Virginiamicina é um antibiótico da classe das estreptogaminas, produzida por cepas das bactérias *Streptomyces virginiae*, como uma mistura química de dois componentes distintos. O fator M ( $C_{28}H_{35}N_3O_7$ ), de peso molecular 525, componente das estreptogaminas A, e o fator S ( $C_{43}H_{49}N_7O_{10}$ ), de peso molecular 823, componente das estreptogaminas B (Nagaraja et al., 1987). Se liga de maneira específica e irreversível a subunidade 50S dos ribossomos, inibindo a formação de ligações peptídicas durante a síntese de proteína, não permitindo a tradução da fita de RNA (Cocito, 1979).

Ocasiona alterações nos padrões de fermentação ruminal como, a menor produção de metano (Van Nevel e Demeyer, 1992), menor degradação do nitrogênio (N) de aminoácidos, logo permiti que maior quantidade de N chegue ao intestino delgado (Hogan e Weston, 1969). Redução das variações no consumo quando são inseridas dietas com altas proporções de concentrado (Rogers et al., 1995). Alterações na relação acetato:propionato em direção ao propionato também podem ocorrer, o que proporciona maior eficiência metabólica (Schelling, 1984). E também é extremamente efetiva em reduzir a produção de ácido láctico (Cocito, 1979).

Dentro deste contexto da redução da produção de ácido láctico, as dietas para vacas de média a alta produção em que a cana-de-açúcar é utilizada como principal fonte volumosa merecem destaque. Visto que são dietas que apresentam maior necessidade de inclusão de concentrado, ocasionada pela baixa digestibilidade da fibra desta fonte volumosa (Valadares Filho et al., 2002).

Nestas circunstâncias a utilização de Virginiamicina surge com grande potencial para auxiliar a combinar alta produção e saúde animal. Entretanto, grande parte dos dados disponíveis deste aditivo são de estudos *in vitro*, os trabalhos na literatura que avaliam os dados de desempenho de vacas leiteiras com este aditivo são escassos.

Portanto, objetivou-se avaliar a utilização Virginiamicina em dietas a base de cana-de-açúcar sobre os dados de desempenho de vacas leiteiras e digestibilidades aparentes dos nutrientes.

### **3.4. Material e Métodos**

#### **3.4.1. Local**

O experimento foi conduzido no período de 01 de agosto a 16 de novembro de 2015, em propriedade particular na região sul do estado de Minas Gerais, no município de Monsenhor Paulo. A cidade está situada a 21°45' de latitude sul e 45°33'12" de longitude oeste e altitude de 890 metros. O clima é caracterizado pela umidade e pelos ventos brandos. As estações do ano, atualmente apresentam-se um pouco irregulares. A média anual de temperatura é de 20,8 °C, sendo a máxima de 26,5 °C e a mínima de 14,1°C.

#### **3.4.2. Animais, instalações e delineamento estatístico**

Foram utilizadas 20 vacas mestiças F1 (Holandês x Gir), com  $80 \pm 49$  dias de lactação, produção diária de leite de  $27 \pm 3,8$  kg e peso corporal médio de  $588 \pm 68$  kg. Os animais foram mantidos no estábulo, em cochos individualizados e com canzins durante as refeições. O delineamento utilizado foi o ensaio de Reversão Dupla (*Switch back*), com três períodos experimentais de 35 dias cada, sendo 28 dias de adaptação às dietas experimentais e sete dias de coletas de dados e amostras.

Os animais foram submetidos à mesma dieta em período pré-experimental de 14 dias e foram posteriormente pareados quanto a ordem de parto, a produção de leite e os dias em lactação e posteriormente, alocados aleatoriamente em uma das duas dietas experimentais.

#### **3.4.3. Dietas experimentais e manejo dos animais**

As dietas experimentais foram balanceadas, segundo o NRC (2001), para serem isoprotéicas e isoenergéticas (tabela 1). O grupo controle recebeu a dieta sem inclusão

da Virginiamicina (VM), já o grupo tratamento foi suplementado com a VM (Eskalin®, concentração 2%, Phibro Animal Health Corporation, SP, BR) adicionada à formulação na dose de 22,50 mg/kg de MS de concentrado.

**Tabela 1.** Composição das dietas experimentais de vacas leiteiras mestiças F1 (Holandês x Gir) com ou sem inclusão de Virginiamicina.

	Controle	Virginiamicina
<b><i>Ingredientes % da Matéria Seca</i></b>		
Cana-de-açúcar	35,6	35,6
Polpa de citrus	13,4	13,4
Milho moído	17,0	17,0
Farelo de soja	21,2	21,2
Caroço de algodão	9,8	9,8
Ureia	0,3	0,3
Minerais e vitaminas <sup>1</sup>	2,5	2,5
Eskalin®	-	0,075
Bicarbonato de sódio	0,5	0,5
<b><i>Nutrientes % da Matéria Seca</i></b>		
Proteína bruta	16	16
Proteína degradável no rúmem (PDR)	10,6	10,6
Proteína não degradável no rúmen (PNDR)	5,4	5,4
Fibra em detergente neutro	28,7	28,7
Fibra em detergente neutro da forragem	16,2	16,2
Fibra em detergente ácido	20,3	20,3
Energia líquida (Mcal/kg)	1,47	1,47
Balanço de energia líquida (Mcal/d)	2,4	2,4
Nutrientes digestíveis totais	71	71
Carboidratos Não Fibrosos	44,8	44,8
Amido	15	15
Extrato Etéreo	3,9	3,9
<b><i>Balanço proteico, g/d (Proteína Metabolizável)</i></b>		
Exigência	2068	2068
Suprido	2068	2068
Balanço	0	0
<b><i>PDR e PNDR, g/d</i></b>		
PDR suprida	2155	2155
Balanceamento de PDR	140	140
PNDR suprida	1019	1019
Balanceamento de PNDR	0	0

<sup>1</sup> – Suplemento mineral, vitamínico: 13,5% Ca; 5,0% P; 2,9% Mg; 4,7% K; 9,3% Na; 4,0% S; 5,3 ppm Co; 300 ppm Cu; 650 ppm Fe; 25,6 ppm I; 1.530 ppm Mn; 12 ppm. Se; 2.040 ppm Zn; 165.000 UI Vitamina A; 50.000 UI Vitamina D; 1.000 UI Vitamina E; 28 ppm Biotina.

O fornecimento da dieta era individualizado e realizado 3 vezes ao dia: após a ordenha da manhã (07:00 h), às 11:00 h e após a ordenha da tarde (16:30 h), para permitir sobra de 5%. Em cada trato os animais permaneciam no estábulo separados por canzais durante 2:30h, sendo que no meio deste período os animais eram soltos para terem acesso a água e depois contidos canzais novamente.

#### 3.4.4. Determinação da produção e da composição do leite

Os animais foram ordenhados duas vezes ao dia, às 06:00 e às 16:00 h, em sistema de ordenha mecânica com contenção do tipo espinha de peixe, simples 8, modelo Dematron® 70/75 (GEA Farm Technologies Inc.), com extratores automáticos. A produção de leite foi mensurada em medidores eletrônicos (GEA GEA Farm Technologies Inc.), considerando-se o leite produzido em 14 ordenhas consecutivas, do 29º ao 35º dia de cada período experimental. Amostras de leite, das oito últimas ordenhas, foram coletadas com auxílio de coletor acoplado a linha do leite, acondicionadas em frascos plásticos com 2-bromo 2-nitropropano 1,3-diol na relação de 10 mg para 50 ml de leite, mantidas sob refrigeração (4 °C) e enviadas para análise no Laboratório de Qualidade do Leite da Universidade Federal de Minas Gerais. E analisadas quanto aos teores de gordura, proteína e lactose pelo método de infravermelho (Bentley 2000 Bentley Instruments Inc., Chaska, MN) (IDF, 2000) e nitrogênio ureico do leite (NUL) pela metodologia Infrared de Fourier Transform (CombiScope FTIR advanced / Delta Instruments, Drachten, Netherlands).

O leite foi corrigido para o teor de 3,5% de gordura, conforme a fórmula citada pelo NRC (2001):  $PLC_{3,5\%} = (0,35 \times \text{Produção de Leite}) + (15 \times (\% \text{ Gordura} / 100) \times \text{Produção de Leite})$ .

A secreção diária de energia no leite foi calculada pela equação (NRC, 2001):  $[(0,0929 \times \% \text{ gordura}) + (0,0547 \times \% \text{ de proteína}) + (0,0395 \times \% \text{ de lactose})] \times \text{kg de leite}$ .

A produção de leite corrigida para energia (LCE) foi calculada pela equação:  $\text{Leite E} = \text{EnLeite} / 0,70$ , assumindo que o conteúdo de energia em leite com 3,7% de gordura, 3,2% de proteína e 4,6% de lactose e 0,70 Mcal/kg.

#### 3.4.5. Determinação do consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes

O consumo diário foi determinado, subtraindo-se do total de alimento oferecido nas alimentações, pelo peso das sobras, do 29º ao 35º dia de cada período experimental.

Para estimar a produção fecal e a digestibilidade aparente dos nutrientes, foi utilizada a técnica dos indicadores indigestíveis. O indicador externo utilizado foi o óxido crômico ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), administrado via oral na quantidade de 16 g/d, duas vezes ao dia (8 g de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  a cada 12 h), do 25º ao 34º dia experimental. Para determinação do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  as coletas individuais de fezes, foram realizadas diretamente da ampola retal, por quatro dias consecutivos a partir do 32º dia experimental. As coletas foram realizadas de quatro em quatro horas, sendo que no início de cada dia a primeira coleta foi atrasada em 1 hora, para que no final do período (35º dia), fossem realizadas coletas a cada hora das 7 às 19h (12 coletas).

As amostras diárias e individuais de fezes foram acondicionadas em embalagem plástica e congeladas a  $-10\text{ }^\circ\text{C}$  para posterior análise. As amostras fecais, após pré-secagem, foram homogeneizadas por animal, todas as coletas, produzindo uma amostra composta única por vaca.

Amostras fecais, das dietas e das sobras foram pré-secas em estufa de ventilação forçada, regulada a  $55\text{ }^\circ\text{C}$ , por 72 h. As amostras pré-secas foram moídas em moinho estacionário tipo “Thomas Willey” (modelo 4, Arthur H. Thomas Co., Philadelphia PA), montado com peneiras com furos de 1 mm de diâmetro, e armazenadas em recipientes plásticos para posteriores análises bromatológicas.

Uma subamostra foi levada à estufa a  $105\text{ }^\circ\text{C}$  por quatro horas para determinação da matéria seca (MS), de acordo com a AOAC International (2012; método 925.40). O teor de cinzas foi determinado pela queima total de matéria orgânica em mufla a  $600\text{ }^\circ\text{C}$  por quatro horas, (AOAC International, 2012; método 942.05). O teor de matéria orgânica (MO) foi calculado pela diferença entre a MS e o conteúdo de cinzas. A proteína bruta (PB) foi analisada pelo método de Kjeldahl (AOAC International, 2012, método 955.04). O extrato etéreo (EE) foi obtido de acordo com o AOAC International (2012, método 920.39). A análise de fibra foi realizada de acordo com o método proposto por Van Soest et al. (1991), para fibra em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA). Os resíduos das análises de FDN e FDA foram submetidos à determinação de cinzas e PB para obtenção dos valores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA). Esses valores foram usados para corrigir a FDN e a FDA para cinzas e proteína. O percentual de carboidratos não fibrosos (CNF) foi calculado pela equação proposta pelo NRC (2001):  $\text{CNF} = 100 - ((\% \text{FDN} - \% \text{FDN}_{\text{PB}}) + \% \text{PB} + \% \text{EE} + \% \text{Cinzas})$ . A determinação

do amido foi efetuada pelo método enzimático segundo metodologia descrita por Hall (2000).

As concentrações fecais do óxido crômico foram determinadas, por espectrofotometria de absorção atômica, segundo a técnica proposta por Williams et al. (1962).

Os cálculos da produção fecal (PF) e do coeficiente de digestibilidade aparente (DA) foram realizados segundo as equações propostas por Church (1988).

#### 3.4.6. Eficiência alimentar e eficiência da utilização do nitrogênio

Os cálculos da eficiência alimentar e da eficiência da utilização do nitrogênio foram realizados segundo as equações propostas por DePeters e Fergunson (1992).

*Eficiência alimentar* = Produção de leite, em kg / Ingestão de MS, em kg.

*Eficiência alimentar para LC 3,5%G* = Produção de leite corrigida para 3,5% de gordura, em kg / Ingestão de MS, em kg.

*Eficiência alimentar para LCE* = Produção de leite corrigida para energia, em kg / Ingestão de MS, em kg.

*Eficiência da utilização do nitrogênio* = Nitrogênio no leite, em kg / Nutriente ingerido, em kg.

Para obtenção do nitrogênio no leite o valor de proteína do leite, foi multiplicado pelo fator 6,38.

#### 3.4.7. Determinação do pH fecal

No 33º dia de cada período experimental, foram coletadas amostras fecais de cada vaca, e uma subamostra de 20 g foi colocada em um frasco plástico. Foi adicionado 20 ml de água destilada deionizada e o pH foi determinado imediatamente nesta amostra, segundo metodologia descrita por Clayton et al. (1999).

#### 3.4.8. Determinação dos parâmetros sanguíneos

Para determinação da glicose e do nitrogênio ureico no plasma (NUP) amostras de sangue foram coletadas nos vasos coccígeos no último dia do período experimental (35º dia), utilizando tubo evacuado (Vacutainer®, Becton Dickinson, BR) com fluoreto de sódio para glicose e EDTA para NUP, imediatamente antes da primeira alimentação e

de três em três horas, totalizando três coletas (0, 3 e 6h após a alimentação). O sangue foi centrifugado (5.590 g.) por 10 minutos e o plasma coletado e congelado à -10°C.

Os teores de glicose foram determinados pelo método enzimático com kits específicos (Glicose Hexoquinase reagente R1, Kovalent do Brasil Ltda., Rio de Janeiro, BR) e os teores de NUP foram determinados por método enzimático com kits específicos (Uréia UV reagente R1, Kovalent do Brasil Ltda., Rio de Janeiro, BR). As leituras foram realizadas usando o analisador clínico Cobas Mira (Global Medical Instrumentations, Inc., Ramsey, MN, EUA).

#### 3.4.9. Avaliação da síntese relativa de proteína microbiana

Duas amostras diárias (manhã e tarde) de urina foram coletadas por dois dias consecutivos (34° e 35° dia). As coletas foram realizadas de 2 a 4 h após o início da alimentação das vacas, de forma espontânea. Uma alíquota de 5 mL de cada amostra de urina foi diluída em 45 mL de solução contendo ácido sulfúrico 0,036N, e armazenada -10 °C. Ao final do experimento as amostras foram descongeladas para elaboração de uma amostra composta por vaca, por período, para as análises dos derivados de purinas (ácido úrico e alantoína) e creatinina.

As determinações da creatinina foram feitas utilizando o sistema colorimétrico com reação do ponto final, utilizando kits comerciais (Creatinina reagente R1, Kovalent do Brasil Ltda., Rio de Janeiro, BR). O ácido úrico foi determinado utilizando o método colorimétrico enzimático (UOD-PAP) usando um kit de diagnóstico padrão (Ácido Úrico reagente R1, Kovalent do Brasil Ltda., Rio de Janeiro, BR), de acordo com as instruções do fabricante. As leituras foram adquiridas usando o analisador clínico Cobas Mira (Global Medical Instrumentations, Inc., Ramsey, MN, EUA). As concentrações de alantoína foram determinadas pela técnica descrita por Chen e Gomes (1992) e analisadas por colorimetria a 522nm.

#### 3.4.10. Análise Estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o PROC MIXED do programa estatístico SAS (1999), pelo modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + B_j + P_k + A_l + E_{ijkl},$$

Onde:

$Y_{ijkl}$  = variável dependente de resposta animal;

$\mu$  = média geral;

$T_i$  = efeito do tratamento  $i$  ( $i$  = Controle e Virginiamicina);

$B_j$  = efeito do bloco  $j$  ( $j$  = 1 e 2);

$P_k$  = efeito do período  $k$  ( $k$  = 1, 2 e 3);

$A_l$  = efeito do animal  $l$  ( $l$  = 1, 2, ..., 20)

$E_{jkl}$  = erro associado ao tempo  $i$ , bloco  $j$ , período  $k$  e ao animal  $l$ .

O teste de comparação entre médias foi feito mediante aplicação do teste de “F”, em nível de 5% de probabilidade.

### 3.5. Resultados e discussão

#### 3.5.1. Caracterização do volumoso

A composição bromatológica e a DIVMS da cana-de-açúcar nos três períodos experimentais estão na tabela 2. Os valores de MS encontrados estão em concordância com a maioria dos trabalhos apresentados na literatura (Carvalho, 1992; Aroeira et al., 1993; Pereira et al., 1996; Miranda et al., 1999; Rodrigues e Barbosa, 1999; Pereira et al., 2001).

**Tabela 2.** Composição bromatológica e digestibilidade *in vitro* da matéria seca da cana-de-açúcar, segundo o período experimental

Itens (%)	Períodos		
	1	2	3
Matéria seca	29,18	23,26	25,27
Proteína bruta	3,61	3,35	2,59
Fibra em detergente neutro	52,48	59,47	54,81
Fibra em detergente ácido	32,99	40,15	35,33
Carboidrato não fibrosos	38,69	33,36	37,41
Extrato etéreo	2,24	2,82	2,46
Matéria mineral	2,64	3,00	2,73
Digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca	59,48	50,45	54,27

Os teores de nutrientes determinados nos três períodos experimentais estão próximos aos valores encontrados por Oliveira et al. (1998), que ao avaliarem a

composição química de diferentes variedades de cana-de-açúcar, demonstraram valores de PB entre 1,8-3,0% da MS, da FDN entre 45% a 56% da MS e da FDA entre 27% a 35% da MS. Essas características são sem a desfolha da cana-de-açúcar.

A cana-de-açúcar utilizada no primeiro período experimental comparada com as que foram utilizadas nos outros períodos experimentais apresentava maior idade ao corte, o que refletiu em seu melhor valor nutricional. Segundo Gooding (1982), o valor nutritivo das gramíneas diminui com o avançar do estágio de maturação. No entanto, o inverso acontece com a cana-de-açúcar ao desenvolver a maturidade, ocorre aumento nos teores de MS e CNF e queda no teor da FDN (Carvalho et al., 2010). Estes dados estão de acordo com a literatura, visto que apesar da menor digestibilidade da FDN com o avanço da idade, o aumento de CNF, pelo conteúdo celular, supera este impacto, fazendo com que haja aumento na digestibilidade da MO (Fernandes et al., 2003).

### 3.5.2. Consumo, Digestibilidade Aparente dos Nutrientes e pH fecal

As dietas experimentais visavam atender as exigências do NRC (2001), formulada para serem isoenergéticas (68,24 % de NDT na MS) e isoproteicas (16,0 % de PB na MS), porém os resultados das dietas consumidas mostram variação da previsão experimental (tabela 3).

Os consumos de PB, FDN e CNF das dietas experimentais foram diferentes do que havia sido predito pelo NRC (2001). O que pode ser explicada por uma possível seleção ocasionada pelas vacas leiteiras. Esta inferência pode ser observada também pela avaliação da composição bromatológica da sobra que obteve valores médios de 15,30; 40,33; e 31,34% da MS, para PB, FDN e CNF, respectivamente. Contudo, os consumos dos nutrientes das dietas não foram alterados pela inclusão da VM.

Entretanto, foi observado efeito da VM sobre os coeficientes de digestibilidade aparente da PB da dieta ( $p < 0,05$ ; tabela 3) e também uma tendência para maior digestibilidade da MS e da FDN, o que sugere uma melhor ambiente ruminal nestes animais proporcionando uma possível melhor utilização da fibra.

Em contrapartida aos resultados encontrados neste experimento, Oliveira et al. (2015) encontraram menor digestibilidade da FDN quando foram utilizadas VM e Salinomicina associadas, em pastagens com inclusão de 6 kg de MS de concentrado por dia. No entanto a inclusão de concentrado no presente experimento (13 kg de MS/d) apresenta maior desafio ao ambiente ruminal e conseqüentemente a degradação da fibra, o que torna o efeito da VM mais visível.

**Tabela 3.** Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes e pH fecal de vacas leiteiras nos tratamentos controle (CTL) ou Virginiamicina (VIR)

	CTL	VIR	EPM <sup>1</sup>	Valor-P
Consumo dos Nutrientes, kg de MS/d				
Consumo de Proteína Bruta	3,42	3,43	0,07	0,59
Consumo de Fibra em Detergente Neutro	6,06	6,17	0,13	0,30
Consumo de Amido	2,85	2,88	0,05	0,39
Consumo de Carboidratos Não Fibrosos	6,81	6,76	0,14	0,64
Consumo de Nutrientes Digestíveis Totais	13,12	13,30	0,29	0,45
Consumo dos Nutrientes, % da MS				
Consumo de Proteína Bruta	17,7	17,7	0,07	0,59
Consumo de Fibra em Detergente Neutro	33,2	33,2	0,13	0,30
Consumo de Amido	15,6	15,6	0,05	0,39
Consumo de Carboidratos Não Fibrosos	36,6	36,6	0,14	0,64
Consumo de Nutrientes Digestíveis Totais	70,5	71,1	0,29	0,45
Digestibilidade aparente (D.A.), %MS				
D.A. da Matéria Seca	63,8	65,0	0,67	0,13
D.A. da Proteína Bruta	71,2	73,2	0,68	< 0,01
D.A. da Fibra em Detergente Neutro	36,6	38,7	1,12	0,13
D.A. dos Carboidratos Não Fibrosos	91,1	90,1	0,66	0,25
D.A. do Amido	89,3	89,5	0,52	0,80
pH fecal	6,40	6,42	0,03	0,75

1- EPM – Erro padrão da média.

A inclusão de VM não influenciou nos valores de pH fecal ( $p > 0,05$ ; tabela 3). Segundo Kononoff et al. (2003), existe correlação entre o pH das fezes e do rúmen, o que faz com que o pH fecal possa ser utilizado como indicador da fermentação ruminal, ainda que com ressalvas. Estes resultados divergem de Clayton et al., 1999 e Valentine et al., 2000, que observaram maior pH ruminal e fecal para as vacas suplementadas com VM. Além de nestes dois trabalhos terem sido utilizadas menor inclusão de concentrados do que no atual experimento, o volumoso utilizado foi diferente. Segundo Ferreira et al. (2011) a VM controla bactérias indesejáveis e produtoras de ácido láctico,

como *Streptococcus bovis* e *Lactobacillus ruminis*, o que reduz a incidência de acidose ruminal, contudo não foi observada indícios de acidose subclínica em nenhum dos dois tratamentos.

### 3.5.3. Desempenho das vacas leiteiras

O consumo de matéria seca (CMS) observado por dia foi menor que o predito de 19,98 kg de MS e não foi influenciado pela inclusão da VM na dieta ( $p > 0,05$ ; tabela 4), o que também foi observado por outros autores (Clayton et al., 1999; Erasmus et al., 2008; Silva, 2013). O menor CMS observado pode estar relacionado a cana-de-açúcar, o que já foi demonstrado em vários outros estudos (Paiva et al., 1991; Ribeiro et al., 2000; Corrêa et al., 2003; Magalhães et al., 2004; Mendonça et al., 2004; Costa et al., 2005; Magalhães et al., 2006; Pires et al., 2010) está relacionado à baixa digestibilidade da FDN (Oliveira, 2001), à baixa taxa de passagem e ao alto tempo de retenção deste alimento (Preston e Leng, 1978; Preston, 1982; Leng, 1988; Rodriguez, 1995), e não somente ao teor da FDN (Ribeiro et al., 2000; Magalhães et al., 2004).

Valentine et al. (2000) também não encontraram efeito dos tratamentos com VM, sobre o CMS, no entanto, demonstraram uma interação significativa entre a quantidade de concentrado ofertada e os aditivos utilizados. Foi observada maior ingestão de concentrado entre as vacas que foram suplementadas com 13 kg de MS de concentrado e VM ou VM mais bicarbonato de sódio em comparação com as vacas que não receberam os aditivos. Os autores sugeriram que o menor consumo deste grupo de vacas pode ser um indicativo de acidose subclínica.

Contudo, ao avaliarem o efeito da suplementação com Salinomicina (120 mg/kg de MS) e/ou VM (150 mg/kg de MS) na dieta de vacas leiteiras, manejadas em pastejo intensivo de *Panicum maximum* cv. *Tanzânia*, Oliveira et al. (2015) não encontraram diferenças na ingestão de concentrados entre as dietas experimentais (5,72 kg de MS/d). Os autores observaram redução na ingestão de pastagem com a suplementação de Salinomicina ou da VM, em 14% e 10%, respectivamente.

Portanto com os dados relatados dos dois experimentos acima é possível observar uma maior importância da VM quando utilizada em dietas mais acidogênicas ou com maior inclusão de concentrado. Visto que o CMS em bovinos é limitado por baixo pH ruminal visando diminuir a produção de ácidos graxos voláteis, permitindo que o pH se recupere (Stock, 2000; Garry, 2002).

A produção média diária do leite corrigido para 3,5% de gordura (tabela 4) confirmou o que já foi citado por outros autores (Corrêa et al., 2003; Magalhães et al., 2004; Mendonça et al., 2004; Costa et al., 2005; Queiroz et al., 2008), sobre o potencial de utilização da cana-de-açúcar em dietas de vacas leiteiras de alta produção.

A produção diária de leite, as produções de leite corrigidas para 3,5% de gordura e para energia, foram semelhantes entre as dietas experimentais ( $p>0,05$ ; tabela 4). Estes resultados corroboram com os citados na literatura, com a utilização de VM e diferentes volumosos (Valentine et al., 2000; Silva, 2013; Oliveira et al., 2015).

Erasmus et al. (2008) avaliaram a inclusão de VM e/ou Monensina na dieta a base de feno de alfafa fornecida para vacas da raça Holandês e suplementadas com 15,50 kg de MS de concentrado/d. Os autores também não observaram diferenças para produção de leite devido a inclusão da VM (36,6 kg/d) ou da Monensina (37,4 kg/d) quando adicionadas independentes na dieta e comparadas ao grupo controle (38,9 kg/d;  $p>0,05$ ). Todavia quando foram adicionadas associadas (VM + Monensina) houve maior produção de leite (41,2 kg/d). Os efeitos positivos dos dois aditivos combinados na estabilização da ingestão alimentar e da fermentação ruminal, juntamente com um potencial efeito pós-ruminal da VM, podem ter contribuído para o aumento da produção.

Os teores de gordura, de proteína, de lactose e de sólidos totais do leite não diferiram entre as dietas experimentais ( $p>0,05$ ; tabela 4). Estes resultados estão coerentes com os apresentados por outros autores (Valentine et al., 2000; Oliveira et al., 2015). Contudo, maiores valores de produção de gordura e proteína foram detectados quando a VM foi utilizada associada a Monensina por Erasmus et al. (2008).

Menores teores de gordura poderiam ser esperados no grupo sem suplementação de VM, pelo seu alto poder de inibição da produção de ácido láctico no rúmen (Nagaraja et al., 1987). Entretanto, os altos teores de gordura no leite observados neste experimento de 4,00 e 4,05% para as dietas controle e VM, respectivamente, são potenciais indicadores de ausência de acidose subclínica em ambos os grupos avaliados, apesar da alta inclusão de concentrado (70% do total da MS da dieta) fornecida.

A semelhança entre as dietas experimentais pode ter sido influenciada pelo volumoso utilizado, o tamanho de partícula (fibra fisicamente efetiva), a fibra efetiva dos alimentos utilizados como o caroço de algodão, a inclusão de bicarbonato de sódio e também o fracionamento no fornecimento da dieta.

**Tabela 4.** Desempenho leiteiro, peso, nitrogênio ureico no leite (NUL), relação purina e creatinina, alantoína e creatinina e eficiências de utilização de N nos tratamentos Controle (CTL) ou Virginiamicina (VIR)

Itens	Dietas		EPM <sup>1</sup>	Valor de P
	Controle	Virginiamicina		
Consumo de Matéria Seca, kg/d	18,6	18,7	0,36	0,61
Consumo de Matéria Seca, % PV	3,18	3,20	0,11	0,70
Consumo de Matéria Orgânica, kg/d	17,6	17,7	0,34	0,63
Leite, kg/d	26,0	26,3	0,97	0,63
LCG 3,5%, <sup>2</sup> kg/d	28,3	28,4	1,04	0,86
LCE, <sup>3</sup> kg/d	27,3	27,4	1,02	0,96
Gordura, kg/d	1,05	1,05	0,03	0,95
Gordura, %	4,05	4,00	0,07	0,58
Proteína, kg/d	0,84	0,84	0,02	0,97
Proteína, %	3,24	3,21	0,04	0,59
Lactose, kg/d	1,21	1,22	0,05	0,80
Lactose, %	4,64	4,62	0,04	0,73
Sólidos, kg/d	3,36	3,37	0,12	0,89
Sólidos, %	12,93	12,83	0,12	0,44
Nitrogênio Ureico do Leite, mg/dL	17,5	17,8	0,46	0,68
Leite/CMS	1,39	1,40	0,04	0,72
LCE/CMS	1,47	1,46	0,04	0,83
LCG 3,5%/CMS	1,52	1,52	0,05	0,92
Eficiência da Utilização de N	0,36	0,38	0,01	0,05
Eficiência da Utilização de NUL	0,21	0,21	0,01	0,78
Purinas/creatinina	1,47	1,29	0,07	0,07
Alantoína/creatinina	1,09	0,98	0,06	0,22

1- EPM – Erro padrão da média.

Já os valores de NUL de 17,5 e 17,8 mg/dL para as dietas controle e VM, respectivamente, estão acima dos valores recomendados. Segundo Ishler (2008), o valor médio de NUL em um rebanho leiteiro deve estar entre 10-14mg/dL. Apesar de não haver diferença entre as dietas experimentais, os valores de NUL sugerem que as dietas proporcionaram perdas de nitrogênio no rúmen. Fato este que pode ser explicado pelos dados já relatados neste trabalho, em que foi possível observar seleção pelas vacas em detrimento da cana-de-açúcar, ocasionando maior consumo e menor eficiência na utilização da PB.

Quanto à eficiência alimentar, ou seja, a capacidade de a vaca em transformar o alimento ingerido em leite, as vacas produziram em média 1,40 kg de leite para cada kg de MS ingerido. Este valor é superior a grande maioria dos trabalhos realizados com vacas leiteiras em que o volumoso utilizado foi a cana-de-açúcar, apresentam valor médio de 1,29 (Magalhães et al., 2004; Mendonça et al., 2004; Costa et al., 2005; Queiroz et al., 2008). Na meta-análise de Huhtanen e Hristov (2009), os valores médios para eficiência alimentar foram de 1,42 kg de leite/kg de CMS, se verificarmos neste trabalho a eficiência alimentar com a produção de leite corrigida para energia, observamos valores bem próximos. É importante lembrar que o alimento volumoso aqui utilizado foi cana-de-açúcar e a maioria dos experimentos internacionais utiliza volumoso de qualidade superior, o que demonstra, portanto, ser um ótimo resultado apresentado.

A inclusão de VM não apresentou efeito sobre a eficiência alimentar, o que é coerente visto que a produção de leite e o CMS foram semelhantes ao grupo controle, resultados estes também encontrados por outros autores (Erasmus et al., 2008; Silva, 2013).

Quanto a utilização do NUL, ou seja, à capacidade de secretar proteína no leite a partir do nitrogênio consumido, os dados observados no presente estudo estão abaixo dos relatados na literatura. Na meta-análise de Huhtanen e Hristov (2009) avaliando a eficiência de utilização do nitrogênio, encontraram, valores entre 24,7% e 27,7% para os dados americanos e europeus, respectivamente. O que confirma a baixa eficiência observada na utilização do nitrogênio para os dois grupos deste experimento que já foi justificada acima pelos altos teores de NUL (tabela 4;  $p>0,05$ ). Entretanto, na avaliação da eficiência da utilização do N da dieta há diferença estatística ( $p<0,05$ ; tabela 4) sendo o maior valor do grupo de vacas suplementadas com VM, o que pode ser explicada pela tendência observada neste experimento deste grupo em apresentar maior degradação

ruminal da FDN, proporcionado maior disponibilidade de energia ruminal e conseqüentemente melhor aproveitamento do N.

Corroborando com estes resultados, na relação de alantóina/creatinina não foi influenciada pelas dietas experimentais ( $p>0,05$ , tabela 4), contudo é possível observar uma tendência ( $p=0,07$ ) para a relação purinas/creatinina indicando uma possível diferença na síntese relativa de proteína microbiana a favor das vacas suplementadas com VM.

As concentrações de NUP não diferiram entre as dietas experimentais ( $p>0,05$ ; tabela 5). Na literatura existem trabalhos que citam o potencial da VM em reduzir a desaminação, diminuindo o teor de amônia ruminal, o que aumenta a passagem e absorção para o intestino delgado (Owens et al., 1978; Spears, 1990; Russel e Wallace, 1997). Contudo os dados apresentados neste trabalho não demonstram este efeito. Oliveira et al. (2015) também não observaram diferença para o NUP em vacas suplementadas com VM e/ou Salinomicina. Os teores médios de NUP foram de 18,16 mg/dL, isto é, aproximadamente no limite de 19-20 mg/dL, em que as perdas de nitrogênio da dieta ocorrem em vacas leiteiras (Oliveira et al., 2001).

Tabela 5. Concentração plasmática de glicose e nitrogênio (NUP) 0, 3 e 6 h pós alimentação nos tratamentos Controle (CTL) ou Virginiamicina (VIR)

	CTL	VIR	EPM <sup>1</sup>	Valor-P
Glicose 0 h, mg/dL	70,6	70,4	2,13	0,95
Glicose 3 h, mg/dL	71,4	72,3	3,29	0,83
Glicose 6 h, mg/dL	67,3	71,4	2,32	0,24
NUP 0 h, mg/dL	31,6	31,2	1,27	0,78
NUP 3 h, mg/dL	30,7	33,1	1,20	0,13
NUP 6 h, mg/dL	30,3	30,6	1,31	0,86

<sup>1</sup>Erro padrão das médias

Os dados médios de glicose plasmática não diferiram entre as dietas experimentais ( $p>0,05$ ; tabela 5). A principal fonte de glicose no fígado de ruminantes é o propionato e a hipótese de que a VM aumenta a produção de glicose com a sua atuação no rúmen favorecendo o crescimento de bactérias Gram-negativo não foi confirmada neste estudo. Os resultados encontrados estão de acordo com os relatados por Erasmus et al. (2008).

### 3.6. Considerações finais

A adição de Virginiamicina em dietas de vacas leiteiras a base de cana-de-açúcar não influenciou os dados de desempenho. Contudo aumentou a digestibilidade aparente da PB e também demonstrou potencial efeito para aumentar a digestibilidade da FDN e consequentemente da MS. Além disto aumentou a eficiência da utilização do nitrogênio e por conseguinte apresentou potencial de aumentar a sínteses de proteína microbiana.

### 3.7. Referência Bibliográficas

- AROEIRA, L.J.M.; SILVEIRA, M.I.; LIZIEIRE, R.S.; MATOS, L.L.; FIGUEIRA, D.G. Degrabilidade no rúmen e taxa de passagem da cana-de-açúcar mais ureia, do farelo de algodão e do farelo de arroz em novilhos mestiços europeu x zebu. Revista Brasileira de Zootecnia, v.22, n.4, p.52-564, 1993.
- Association of Official Analytical Chemists [AOAC]. 2012. Official Methods Of Analysis. 19ed. AOAC, Washington, DC, USA.
- CARVALHO, G.J. Avaliação do potencial forrageiro e industrial de variedades de cana-de-açúcar (ciclo de ano) em diferentes épocas de corte. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1992. 63p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1992.
- CARVALHO, M.V.; RODRIGUES, P.H.M.; LIMA, M.L.P.; ANJOS, I.A.; LANDELL, M.G.A.; SANTOS, M.V.; SILVA, L.F.P. Composição bromatológica e digestibilidade de cana-de-açúcar colhida em duas épocas do ano. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, v.47, n.4, p.298-306, 2010.
- CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives – an overview of technical details. International Feed Research Unit. Rowett Research Institute. Aberdeen, UK. 21 p, 1992.
- CHURCH, D. C. The ruminant animal: digestive physiology and nutrition. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1988. 564p
- CLAYTON, E.H.; LEAN, I.J.; ROWE, J.B.; COX, J.W. Effects of feeding virginiamycin and sodium bicarbonate to grazing lactating dairy cows. Journal of Dairy Science, v.82, p.1545-1554, 1999.

- COCITO, C. Antibiotics of the virginiamycin family, inhibitors which contain synergistic components. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, Washington, v.43, p.145-192, 1979.
- CORRÊA, C.E.S.; PEREIRA, M.N.; OLIVEIRA, S.G.; RAMOS, M.H. Performance of Holstein cows fed sugarcane or corn silages of different grain textures. *Scientia Agricola*, v.60, p.221-229, 2003.
- COSTA, M.G.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; MENDONÇA, S.S.; SOUZA, D.P.; TEIXEIRA, M.P. Desempenho produtivo de vacas leiteiras alimentadas com diferentes proporções de cana-de-açúcar e concentrado ou silagem de milho na dieta. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.34, n.6, p.2437-2445, 2005.
- DE PETERS, E.J.; FERGUSON, J.D. Non protein nitrogen and protein distribution in the milk of cows. *Journal of Dairy Science*, v.75, n.11, p.3192-3209, 1992.
- ERASMUS, L.J.; MUYA, A.C.; ERASMUS, A.S.; COERTZE, B.R.F.; CATTO, B.D.G. Effect of virginiamycin and monensin supplementation on performance of multiparous Holstein cows. *Livestock Science*, v.119, p.107-115, 2008.
- FERNANDES, A.M.; QUEIROZ, A.C.; PEREIRA, J.C.; LANA, R.P.; BARBOSA, M.H.P.; FONSECA, D.M.; DETMANN, E.; CABRAL, L.S.; PEREIRA, E.S.; VITTORI, A. Composição químico-bromatológica de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.L.) com diferentes ciclos de produção (precoce e intermediário) em três idades de colheita. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.32, n.4, p.977-985, 2003.
- FERREIRA, S. F.; FURTADO, R. G.; FREITAS NETO, M D.; ARAUJO, E. P.; PADUA, J. T.; ARNHOLD, E. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 48. Parâmetros ruminais e digestibilidade da FDN em dieta de bovinos de corte sob pastejo no período chuvoso com uso de Virginiamicina e Salinomicina. Belém – PA, 2011. CD-ROOM.
- GARRY, F.B. Indigestion in ruminants. In: SMITH, B.P. (Ed.), *Large Animal Internal Medicine*, 3ed. Mosby, St. Louis and Baltimore, p. 722–747, 2002.
- GOODING, E.G.B. Efeito de la calidad de la caña sobre su valor como alimento para bovinos. *Tropical Animal Health and Production*, v.7, p.76-97, 1982.

- HALL, M.B. Neutral detergent-soluble carbohydrates, nutritional relevance and analysis. A laboratory manual. Florida: University of Florida, 2000. 42p. (Bulletin 339).
- HOGAN, J.P.; WESTON, R.H. The digestion of pasture plants by sheep. III. The digestion of forage oats varying in maturity and in the content of protein and soluble carbohydrate. *Australian Journal of Agricultural Research*, v.20, n.2, p.347-363, 1969.
- HUHTANEN, P.; HRISTOV A.N. A meta-analysis of the effects of dietary protein concentration and degradability on milk protein yield and milk N efficiency in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.92, n.7, p.3222–3232, 2009.
- ISHLER, V. Interpretation of milk urea nitrogen values. Pennsylvania: Pennsylvania State University, 2008. p.3.
- KONONOFF, P. J.; HEINRICHS, A. J.; LEHMAN, H. A. The effect of corn silage particle size on eating behavior, chewing activities, and rumen fermentation in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, v.86, p.3343–3353, 2003.
- LENG, R.A. Limitaciones metabólicas en la utilización de la cañade azúcar y sus derivados para el crecimiento y producción de leche en rumiantes. In: PRESTON, T.R.; ROSALRS, M. (Eds.) *Sistemas intensivos para la producción animal y de energía renovable com recursos tropicales*, 1988, p.1-24.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; TORRES, R.A.; MENDES NETO, J.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: desempenho e viabilidade econômica. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.33, n.5, p.1292-1302, 2004.
- MAGALHÃES, A.L.R.; CAMPOS, J.M.S.; CABRAL, L.S.; MELLO, R.; FREITAS, J.A.; TORRES, R.A.; VALADARES FILHO, S.C.; ASSIS, A.J. Cana-de-açúcar em substituição à silagem de milho em dietas para vacas em lactação: parâmetros digestivos e ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.35, n.2, p.591-599, 2006.
- MENDONÇA, S.S.; CAMPOS, J.M.S.; VALADARES FILHO, S.C.; VALADARES, R.F.D.; SOARES, C.A.; LANA, R.P.; QUEIROZ, A.C.; ASSIS, A.J.; PEREIRA, M.L.A. Consumo, digestibilidade aparente, produção e composição do leite e

variáveis ruminais em vacas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Zootecnia, v.33, n.2, p.481-492, 2004.

MIRANDA, L.F.; QUEIROZ, A.C.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; PEREIRA, E.S.; PAULINO, M.F.; CAMPOS, J.M.S.; MIRANDA, R.J. Desempenho e desenvolvimento ponderal de novilhas leiteiras alimentadas com dietas à base de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Zootecnia, v.28, n.3, p.605-613, 1999.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC, 2001.

OLIVEIRA M. D. S.; SAMPAIO, A. A. M.; CASAGRANDE, A. A. Efeito de variedades de cana-de-açúcar sobre a composição químico-bromatológica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35. 1998, Botucatu. Anais... Botucatu: Sociedade Brasileira de Zootecnia/Gnosis, [1998] CD-ROM

OLIVEIRA, M.D.S.; CASAGRANDE, A.A.; OLIVEIRA, E.F.S. Efeito da digestibilidade *in vitro* de variedades de cana-de-açúcar sobre seu valor como alimento para bovinos. ARS Veterinária, v.17, n.3, p.238-243, 2001.

OLIVEIRA, A.S.; VALADARES, R.F.D.; VALADARES FILHO, S.C.; CECON, P.R.; RENNÓ, L.N.; QUEIROZ, A.C.; CHIZZOTTI, M.L. Microbial protein production, purine derivatives and urea excretion estimate in lactating dairy cows fed isoprotein diets with different non protein nitrogen compounds levels. Brazilian Journal of Animal Science, v.30, p.1621-1629, 2001.

OLIVEIRA, I. S. D.; SOUSA, D. D. P.; QUEIROZ, A. C. D.; MACEDO, B. G.; NEVES, C. G.; BIANCHI, I. E.; TEOBALDO, R. W. Salinomycin and virginiamycin for lactating cows supplemented on pasture. Scientia Agricola, v.72, n.4, p.285-290, 2015.

OWENS, F.N.; SHOCKEY, B.J.; FENT, R.W.; RUST, S.R. Monensin and abomasal protein passage of steers. Journal of Animal Science, v.47, p.114, 1978.

- PAIVA, J.A.J.; MOREIRA, H.A.; CRUZ, G.M.; VERNEQUE, R.S. Cana-de-açúcar associada à uréia/sulfato de amônio como volumoso exclusivo para vacas em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.20, n.1, p.90-99, 1991.
- PEREIRA, O.G.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C. Consumo e digestibilidade total e parcial dos nutrientes de dietas contendo cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), sob diferentes formas, em bovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.25, n.4, p.750-762, 1996.
- PEREIRA, E.S.; QUEIROZ, A.C.; PAULINO, M.F.; CECON, P.R.; VALADARES FILHO, S.C.; MIRANDA, L.F.; ARRUDA, A.M.V.; FERNANDES, A.M.; CABRAL, L.S. Fontes nitrogenadas e uso de *Sacharomyces cerevisiae* em dietas à base de cana-de-açúcar para novilhos: Consumo, digestibilidade, balanço nitrogenado e parâmetros ruminais. *Revista Brasileira de Zootecnia*. v.30, n.2, p.563-572, 2001.
- PIRES, A. V.; SUSIN, I.; SIMAS, J.M.C.; JÚNIOR, R.C.O.; FERNANDES, J.J.R.; ARAUJO, R.C.; MENDES, C.Q. Substituição de silagem de milho por cana-de-açúcar e caroço de algodão sobre o desempenho de vacas holandesas em lactação. *Ciência Animal Brasileira*, v.11, n.2, p.251-257, 2010.
- PRESTON, T.R.; LENG, R. A. La caña de azúcar como alimento para los bovinos. *Revista Mundial de Zootecnia*, n.27, p.7-12, 1978.
- PRESTON, T.R. Nutritional limitations associated with the feeding of tropical forages. *Journal of Animal Science*, v.54, n.4, 877-883, 1982.
- QUEIROZ, O.M.; NUSSIO, L.G.; SCHMIDT, P.; RIBEIRO, J.L.; SANTOS, M.V.; ZOPOLLATTO, M. Silagem de cana-de-açúcar comparada a fontes tradicionais de volumosos suplementares no desempenho de vacas de alta produção. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.37, n.2, p.358-365, 2008.
- RIBEIRO, E.G.; ESTRADA, L.H. C.; FONTES, C.A.A.; AGUIAR, R.S.; ROCHA, L.V. Níveis de substituição da silagem de milho pela cana-de-açúcar na alimentação de vacas de leite (consumo alimentar). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 37. 2000. Viçosa. Anais... Viçosa: SBZ, 2000.1 CD-ROM.

- RODRIGUES, A.A.; BARBOSA, P.F. Efeito do teor protéico do concentrado no consumo da cana-de-açúcar com uréia e ganho de peso de novilhas em crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.28, n.2, p.421-424, 1999.
- RODRIGUEZ, N.M. Pesquisas sobre dinâmica da fermentação ruminal e partição da digestão realizadas no Departamento de Zootecnia da Escola de Veterinária da UFMG. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE RUMINANTES, 1995, Viçosa, MG. Anais...Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1995. p.355-388.
- ROGERS, J.A.; BRANINE, M.E.; MILLER, C.R.; WRAY, M.I.; BARTLE, S.J.; PRESTON, R.L.; GILL, D.R.; PRITCHARD, R.H.; STILLBORN, R.P.; BECHTOL, D.T. Effects of dietary virginiamycin on performance and liver abscess incidence in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, v.73, n.1, p.9-20, 1995.
- RUSSELL, J. B.; WALLACE, R. J. Energy-yielding and energy-consuming reactions. In: THE RUMEN MICROBIAL ECOSYSTEM, Springer Netherlands, 1997, p.246-282.
- SCHELLING, G.T. Monensin mode of action in the rumen. *Journal of Animal Science*, v.58, p.1518-1527, 1984.
- SILVA, R.C. Suplementação da dieta de vacas leiteiras mantidas em pastagens com Virginiamicina e soja crua ou tostada. 2013. 57f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.
- SPEARS, J.W. Ionophores and nutrient digestion and absorption in ruminants. *Journal of Nutrition*, v.120, n.6, p.632-638, 1990.
- STOCK, R. Acidosis in cattle: an overview. In: Proceedings of the 33rd Annual Convention of the American Association of Bovine Practitioners, Rapid City, USA, p. 30–37, 2000.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, v.18, n.2, p.104-111, 1963.
- VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p

- VALENTINE, S.C.; CLAYTON, E.H.; JUDSON, G.J.; ROW, J.B. Effect of virginiamycin and sodium bicarbonate on milk production, milk composition and metabolism of dairy cows fed high levels of concentrate. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, v.40, p.773-781, 2000.
- 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.
- VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER, D. I. Influence of antibiotics and a deaminase inhibitor on volatile fatty acids and methane production from detergent washed hay and soluble starch by rumen microbes *in vitro*. *Animal Feeding Science Technology*, v.37, p.21-31. 1992.
- WILLIAMS, C.H.; DAVID, D.J.; IISMAA, O. The determination of chromic oxide in faeces samples by atomic absorption spectrophotometry. *Journal of Agriculture Science*, v.59, n.3, p.381-385, 1962.