

MATHEUS FELIPE FREITAS VIANA DE PAULA

Uso de ionóforos na dieta de bovinos de corte: fermentação ruminal e digestibilidade aparente dos nutrientes.

São Paulo

2021

MATHEUS FELIPE FREITAS VIANA DE PAULA

Uso de ionóforos na dieta de bovinos de corte: fermentação ruminal e digestibilidade aparente dos nutrientes.

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

Departamento:

Nutrição e Produção animal

Área de concentração:

Nutrição de Ruminantes

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires

São Paulo
2021

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

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

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

| | |
|-----------------|---|
| T. 4141 FMVZ | <p>Paula, Matheus Felipe Freitas Viana de Uso de ionóforos na dieta de bovinos de corte: fermentação ruminal e digestibilidade aparente dos nutrientes / Matheus Felipe Freitas Viana de Paula. – 2021. 67 f. : il.</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2021.</p> <p>Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal. Área de concentração: Nutrição e Produção Animal. Orientador: Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires.</p> <p>1. Aditivos. 2. Propionato. 3. Acetato. 4. Monensina. 5. Narasina. I. Título.</p> |
|-----------------|---|



Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia
Universidade de São Paulo

CERTIFICADO

Certificamos que a proposta intitulada "Uso de ionóforos na dieta de bovinos de corte: Fermentação ruminal e digestibilidade aparente dos nutrientes", protocolada sob o CEUA nº 1946311019 (ID 007316), sob a responsabilidade de **Alexandre Vaz Pires e equipe; Matheus Felipe Freitas Viana de Paula** - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica ou ensino - está de acordo com os preceitos da Lei 11.794 de 8 de outubro de 2008, com o Decreto 6.899 de 15 de julho de 2009, bem como com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovada** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (CEUA/FMVZ) na reunião de 17/12/2019.

We certify that the proposal "Use of ionophores in beef cattle diet: Ruminal fermentation and apparent nutrient digestibility", utilizing 58 Bovines (58 males), protocol number CEUA 1946311019 (ID 007316), under the responsibility of **Alexandre Vaz Pires and team; Matheus Felipe Freitas Viana de Paula** - which involves the production, maintenance and/or use of animals belonging to the phylum Chordata, subphylum Vertebrata (except human beings), for scientific research purposes or teaching - is in accordance with Law 11.794 of October 8, 2008, Decree 6899 of July 15, 2009, as well as with the rules issued by the National Council for Control of Animal Experimentation (CONCEA), and was **approved** by the Ethic Committee on Animal Use of the School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo) (CEUA/FMVZ) in the meeting of 12/17/2019.

Finalidade da Proposta: **Pesquisa**

Vigência da Proposta: de **01/2020** a **02/2022** Área: **Nutrição E Produção Animal**

| | | | |
|-----------|---|--------------|-------------------------|
| Origem: | Animais provenientes de outros projetos | | |
| Espécie: | Bovinos | sexo: Machos | idade: 3 a 3 anos N: 28 |
| Linhagem: | Nelore | | Peso: 340 a 350 kg |
| Origem: | Animais provenientes de outros projetos | | |
| Espécie: | Bovinos | sexo: Machos | idade: 3 a 3 anos N: 30 |
| Linhagem: | Nelore | | Peso: 360 a 360 kg |

Local do experimento: Os experimentos serão realizados nas instalações do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) pertencente ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura [Luiz de Queiroz] (ESALQ/USP).

São Paulo, 16 de novembro de 2021

Prof. Dr. Marcelo Bahia Labruna
Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Camilla Mota Mendes
Vice-Coordenadora da Comissão de Ética no Uso de Animais
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: DE PAULA, Matheus Felipe F. Viana

Título: Uso de ionóforos na dieta de bovinos de corte: fermentação ruminal e digestibilidade aparente total.

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

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof.

Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof.

Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Prof.

Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____

Dedicatória

Aos meus pais, **Jonismar e Ivany**

Ao meu irmão, **Marcos Vinicius**

Por tudo que sempre vivemos, como família!

Amo vocês!

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pelo sopro de vida, e por todo cuidado que sempre teve comigo, que sempre me guiou e abriu portas para novos aprendizados.

Agradeço aos meus pais, Jonismar Lázaro de Paula e Ivany Freitas Viana por todos ensinamentos e por todo cuidado. Sempre me auxiliaram e incentivaram a crescer, e não mediram esforços para que fosse possível minha realização profissional, amo muito vocês! Agradeço ao meu irmão que sempre esteve comigo, sempre foi meu grande amigo e companheiro, em quem sei que posso confiar em todos os momentos, mesmo quando estava longe, amo você.

Agradeço a toda minha família que um modo especial sempre torceu e esteve junto comigo, incentivando sempre.

Agradeço em especial meu grande amigo e irmão Filipe Araújo Canedo Mendonça pela amizade desde a graduação e também por todos momentos compartilhados em casa, todo companheirismo e convívio de neste período do mestrado. Também ao agradeço ao amigo Victor Federico Leal dos Anjos também por toda amizade e companheirismo desde a graduação.

Agradeço a Universidade Estadual de Goiás (UEG) e a todos profissionais (professores e funcionários) que contribuíram para minha formação profissional e crescimento pessoal, agradeço em especial meu orientador Prof. Rafael Alves da Costa Ferro por toda amizade, companheirismo e ensinamentos.

Agradeço ao meu orientador do mestrado Prof. Alexandre Vaz Pires que desde a primeira conversa se colocou à disposição e abriu as portas para realização de um estágio e posteriormente a oportunidade da realização do mestrado, obrigado por todos ensinamentos.

Agradeço a Universidade de São Paulo – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP), em especial o Departamento de Nutrição

e Produção Animal (VNP) pela oportunidade da realização dessa etapa profissional.

Agradeço a Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em especial o Departamento de Zootecnia, aos professores, alunos e funcionários por todos momentos e conhecimentos compartilhados, ainda agradeço à disposição da estrutura para realização dos estudos.

Agradeço aos meus companheiros do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA/ESALQ): André Storti Martins, Alexandre Miszura, Arnaldo Cintra Limede, Daniel Montanher Polizel, Francisco Montanaro, Gabriela Bagio, José Paulo Barroso, Kaue Maia, Lairana Sardinha, Leticia Carolina Bortolanza, Marcelo Bagio e estagiários que passaram pelo laboratório. Sem ajuda deles não seria possível a realização desses experimentos, obrigado pelo companheirismo e todo conhecimento compartilhado.

Agradeço os amigos do grupo SIPOC, que sempre estavam conosco na troca de conhecimento e compartilhando aprendizados juntos, em especial Matheus Carlis, Nathalia, Bela, Adriele, Carol.

Agradeço ainda aos funcionários do LNRA e SIPOC: Danilo Grajal, Marcos Polizel, Adilson, Dudu e Manu, Seu Roberto, Joseval, Emerson, Juscelino que sempre nos auxiliaram, e também pelos momentos de descontração e pós expediente.

Agradeço a todos que estiveram presente e que de alguma forma contribuiu para o crescimento profissional e pessoal dentro desse período.

Agradeço ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos, que possibilitou a realização do mestrado.

Muito obrigado!

Epígrafe

"Sei o que é passar necessidade e sei o que é ter fartura. Aprendi o segredo de viver contente em toda e qualquer situação, seja bem alimentado, seja com fome, tendo muito, ou passando necessidade.

Tudo posso em Cristo que me fortalece."

Filipenses 4:12,13

RESUMO

DE PAULA, M. F. F. V. **Uso de ionóforos na dieta de bovinos de corte: fermentação ruminal e digestibilidade aparente dos nutrientes.** 2021. 67 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2021.

O estudo teve como objetivo avaliar os efeitos da inclusão de ionóforos sobre a fermentação ruminal de bovinos de corte, com isso, foram desenvolvidos dois experimentos com novilhos nelores. Avaliou-se no experimento I os efeitos da inclusão de narasina sobre fermentação ruminal de novilhos submetidos a dieta com elevado teor de volumoso de qualidades diferentes, avaliando também a digestibilidade total. Foram utilizados 28 novilhos nelore providos de cânula ruminal. O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados em esquema fatorial 2x2. Os tratamentos foram: 1- Pré-secado com 15,3% PB; 2- Pré-secado com 8,08% PB; 3- Pré-secado com 15,3% PB + inclusão de narasina (13 mg/kg de matéria seca); 4- Pré-secado com 8,08% PB + inclusão de narasina (13 mg/kg de matéria seca). Todos os animais receberam 50 g de milho moído para cada 5 kg de matéria seca de forragem consumida, que foi fornecido antes da forragem e também serviu como veículo do ionóforo para os tratamentos que o receberam. Observou-se efeito para a qualidade do pré-secado sobre os resultados de consumo e digestibilidade dos nutrientes, que ambos se apresentaram superiores para os animais que receberam o pré-secado com 15,3% de PB ($P \leq 0,05$), no entanto a inclusão de narasina não afetou nenhuma das variáveis. Já para os resultados referentes aos parâmetros de fermentação ruminal a inclusão de narasina alterou a proporção molar do propiônico e isobutírico, também alterou a relação entre acético/propiônico e acético/butírico/propiônico ($P \leq 0,05$). Avaliou-se no Experimento II o uso de fontes comerciais de Monensina Sódica sobre a fermentação ruminal e digestibilidade de bovinos de corte alimentados com dieta contendo elevado teor de concentrado. Foram utilizados 30 novilhos nelore providos de cânula ruminal. Os tratamentos são: 1- Controle (sem adição de aditivos); 2- MON-A (Bovensin

200, Phibro, 25mg/kg MS); 3- MON-B (Rumensin 200, Elanco Animal Health 25mg/kg MS) e a dieta final composta por 92% de concentrado e 8% de volumoso. De acordo com os resultados observa-se que os animais que receberam MON-B apresentaram menor consumo de MS, MO, FDN, FDA, PB, ELg e NDT que o tratamento controle ($P \leq 0,05$). Para os resultados referentes aos parâmetros de fermentação ruminal, o tratamento MON-B aumentou a proporção molar do propiônico, e diminuiu a proporção do acético, também diminuiu a relação C2:C3 e C2+C4: C3 ($P \leq 0,05$). Ambos os ionóforos avaliados no presente estudo foram eficazes para modulação da fermentação ruminal. A narasina alterou a proporção molar dos ácidos graxos tornando um processo de fermentação mais eficiente, em ambas as qualidades dos volumosos. A MON-B foi capaz de alterar a proporção molar dos AGCC, quando comparada ao controle, já a MON-A não foi significativa. Ambas moléculas, narasina e monensina, não afetaram a digestibilidade aparente dos nutrientes.

Palavras chave: Acetato, aditivos, confinamento, monensina, narasina, volumoso.

SUMMARY

DE PAULA, M. F. F. V. **Use of ionophores in the diet of beef cattle: ruminal fermentation and apparent digestibility of nutrients.** 2021. 67 f. Dissertation (Masters in Science) – Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science, University of São Paulo, Pirassununga, 2021.

The study aimed to evaluate the effects of the inclusion of ionophores on the ruminal fermentation of beef cattle, with this, two experiments were carried out with Nellore steers. Experiment I evaluated the effects of the inclusion of narasin on ruminal fermentation of steers submitted to a diet with high roughage content of different qualities, also evaluating the total digestibility. 28 Nellore steers with ruminal cannula were used, the treatments are: 1- pre-dried with 15.3% CP; 2- Pre-dried with 8.08% CP; 3- Pre-dried with 15.3% CP + inclusion of narasin (13 mg / kg dry matter); 4- Pre-dried with 8.08% CP + inclusion of narasin (13 mg / kg dry matter). All animals received 50 g of ground corn for each 5 kg of dry matter consumed, which was supplied before foraging and also served as an ionophore vehicle for the treatments that received it. An effect was observed for the quality of the pre-dried on the results of consumption and digestibility of nutrients, where both were superior for the animals that received the pre-dried with 15.3% of CP ($P \leq 0.05$), however, the inclusion of narasin did not affect any of the variables. For the results regarding ruminal fermentation parameters, the inclusion of narasin changed the molar ratio of propionic and isobutyric, also changed the relationship between acetic / propionic and acetic / butyric / propionic ($P \leq 0.05$). Experiment II evaluated the use of commercial sources of Monensin Sodium on ruminal fermentation and digestibility of beef cattle fed a diet containing a high content of concentrate. Thirty Nellore steers with a ruminal cannula were used. The treatments are: 1- Control (without adding additives); 2- MON-A (Bovensin 200, Phibro, 25mg / kg DM); 3- MON-B (Rumensin 200, Elanco Animal Health, 25mg / kg DM) and the final diet composed of 92% concentrate and 8% roughage. According to the results, it is observed that the animals that received MON-B had lower consumption of DM, MO, NDF, FDA, PB,

ELg and NDT than the control treatment ($P \leq 0.05$). For the results referring to ruminal fermentation parameters, the MON-B treatment increased the molar proportion of the propionic, and decreased the proportion of the acetic, also decreased the C2: C3 and C2 + C4: C3 ratio ($P \leq 0.05$). Both ionophores evaluated in the present study were effective in modulating rumen fermentation. Narasin changed the molar proportion of fatty acids, making a more efficient fermentation process, in both forage qualities. Monensin (Rumensin 200) was able to change the molar proportion of SCFA, when compared to the control, whereas (Bovensin 200) was not significant. Both molecules, narasin and monensin, did not affect the apparent digestibility of nutrients.

Keywords: Acetate, additives, confinement, monensin, narasin, bulk.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - Proporção molar do propionato e à interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.....39
- Figura 2** - Proporção molar do acetato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.....39
- Figura 3** - Proporção molar do butirato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.....40
- Figura 4** - Proporção molar do isovalerato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.....40
- Figura 5** - Proporção molar do valerato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.....41
- Figura 6** - Relação entre os ácidos acético:propionico, efeito da interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.....41
- Figura 7** - Relação entre os ácidos acético+ butirico: propionico, efeito da interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.....42
- Figura 8** - Concentração de nitrogênio amoniacal e a interação entre a qualidade dos volumosos e os horários de coleta de fluido ruminal.....42

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Composição bromatológica dos pré-secados e milho, utilizados durante o experimento.....31
- Tabela 2.** Consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhos Nelore alimentados com pré-secado com diferentes qualidades, suplementados ou não com narasina.....35
- Tabela 3.** Parâmetros de fermentação ruminal de novilhos Nelore alimentados com pré-secado com diferentes qualidades, suplementados ou não com narasina.....36
- Tabela 4.** Proporção de ingredientes das dietas experimentais, em % da MS...52
- Tabela 5.** Composição nutricional da dieta experimental final (8% de volumoso)52
- Tabela 6.** Consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhos Nelore alimentados com alto teor de concentrado suplementados com diferentes tipos de monensina.....57
- Tabela 7.** Parâmetros ruminais de Novilhos Nelore alimentados com dietas contendo diferentes tipos de monensina.....58

Sumário

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 18 |
| 2. Revisão de Literatura | 20 |
| 2.1 Aditivos na Manipulação da fermentação ruminal | 20 |
| 2.2 Ionóforos | 20 |
| 2.3 Monensina sódica | 23 |
| 2.4 Narasina | 26 |
| 3. Experimento I: Inclusão de narasina sobre fermentação ruminal de novilhos submetidos a dieta com elevado teor de volumoso de qualidades diferentes.. | 29 |
| Hipóteses | 29 |
| 3.1 Objetivos | 29 |
| 3.2 Local do experimento e animais | 29 |
| 3.3 Delineamento e período experimental..... | 30 |
| 3.4 Tratamentos e manejo alimentar | 30 |
| 3.5 Digestibilidade aparente dos nutrientes | 32 |
| 3.6 Parâmetros de fermentação ruminal | 33 |
| 3.7 Análise estatística | 33 |
| 3.8 Resultados | 34 |
| 3.9 Discussão..... | 43 |
| 3.9.1 Referências | 47 |
| 4. Experimento II: Uso de fontes comerciais de Monensina Sódica sobre a fermentação ruminal de bovinos de corte alimentados com alto teor de concentrado..... | 50 |
| 4.1 Objetivos | 50 |
| 4.2 Local do experimento e animais | 50 |
| 4.3 Delineamento e período experimental..... | 50 |
| 4.4 Tratamentos e manejo alimentar | 51 |

| | |
|---|----|
| 4.5 Digestibilidade aparente dos nutrientes | 53 |
| 4.6 Parâmetros de fermentação ruminal | 54 |
| 4.7 Análise estatística | 54 |
| 4.8 Resultados | 55 |
| 4.9 Discussão..... | 59 |
| 5. Conclusões..... | 63 |
| 6. Referências | 64 |

1. INTRODUÇÃO

As evoluções causadas nos ruminantes os deram a habilidade de digerir componentes fibrosos de plantas e obter energia do substrato produzido pelo processo de fermentação. No ambiente ruminal há um ecossistema anaeróbio em que os microrganismos que vivem em simbiose com o hospedeiro, fermentam carboidratos e proteínas para obterem nutrientes necessários para o crescimento populacional. Os produtos finais dessa fermentação são essenciais para fornecimento de nutrientes para o ruminante, como energia e proteína. Porém, a fermentação também gera outros tipos de produtos, como o calor, metano, amônia que representam as perdas de energia e proteína do alimento para o ambiente (TEDESCHI, 2003).

A fermentação ruminal é resultante de atividades físicas, químicas e microbiológicas, pelas quais ingredientes advindos da dieta são transformados em produtos finais como AGCC, proteína microbiana, vitaminas do complexo B, metano e CO₂. Os ruminantes preservam a população microbiana no rúmen por meio do fornecimento regular de alimento, manutenção da temperatura, osmolaridade, pH ruminal, que é ajustado por meio da remoção dos ácidos produzidos pela fermentação, adição de tamponantes (bicarbonato) e remoção dos produtos microbianos junto aos resíduos indigestíveis de alimentos (OWENS e BASALAN, 2016).

Os principais AGCC produzidos a partir da fermentação ruminal são o acético, propiônico e butírico, os quais têm a quantidade e a concentração dependente do substrato fermentado e da população microbiana responsável por sua fermentação. A produção total de AGCC, assim como a proporção, é produto diretamente relacionado com a composição da dieta, os níveis de ingestão e digestão (FIRKINS et al., 2007).

Dietas com alto teor de forragens são caracterizadas por serem ricas em celulose, hemicelulose e com baixas concentrações de amido. Nessa situação, bactérias celulolíticas são mais ativas, e a fermentação desse substrato resulta em grande produção de acetato. Por outro lado, dietas com alto teor de amido, as bactérias predominantes são as amilolíticas, resultando em pH normalmente

abaixo de 6,0 e maior produção de propionato (VALADARES FILHO e PINA, 2011).

A fermentação ruminal pode ser influenciada por muitos fatores, sendo a dieta um dos principais. A mudança abrupta na dieta é capaz de causar grandes alterações na fermentação, por alterar a população microbiana, bem como o produto final desta (VALADARES FILHO e PINA, 2006).

Uma estratégia eficiente de manipular a fermentação ruminal é a utilização de ionóforos na alimentação de ruminantes. Os ionóforos são capazes de modular os padrões de fermentação do rúmen através da alteração nas proporções molares de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) que são produzidos no rúmen. O uso de ionóforos também resulta em melhor eficiência de retenção de energia, utilização do nitrogênio oriundo da dieta, mitigação da produção de metano e menor ocorrência de distúrbios metabólicos (McGUFFEY et al., 2001).

Dentre os ionóforos liberados para uso na nutrição de ruminantes, uma das moléculas mais estudadas é a monensina sódica (Rumensin), visto que seus efeitos sobre a fermentação ruminal e eficiência alimentar são amplamente discutidos e revisados por diversos pesquisadores (TEDESCHI, 2003; RUSSEL e STROBEL, 1989; DUFFIELD et al., 2012; GONZÁLEZ et al., 2012). No entanto, no Brasil e no México são comercializáveis outras fontes de monensina, ou melhor, outros produtos comerciais que em algumas situações não demonstram os mesmos resultados que a monensina (Rumensin). Assim como descreve Teixeira et al., (2019) em sua pesquisa. Dentro disso surgiu-se a necessidade de comparar duas moléculas comercializadas no Brasil, afim de mensurar os seus efeitos do ponto de vista de fermentação ruminal, consumo de matéria seca e digestibilidade dos nutrientes.

Também da classe dos ionóforos outra molécula que está crescendo bastante em termos de estudos, é a narasina que tem seus efeitos citados por alguns autores (SILVA et al., 2015; MISZURA et al., 2018; POLIZEL et al., 2020; LIMEDE et al., 2021) sobre alteração da fermentação ruminal principalmente em dietas volumosas. No entanto, as pesquisas foram utilizando forragens de uma só qualidade, ressaltando que a qualidade do volumoso pode influenciar a digestibilidade dos nutrientes, e também a fermentação no rúmen. Segundo Junior (2007) a principal fonte de variação da digestibilidade de fibra para

animais ruminantes é decorrente a estrutura da forragem, composição química e estágio de maturidade, variando de forma muito ampla a fermentação ruminal desses compostos. Sabendo que a nível de Brasil central temos variação muito brusca da qualidade da forragem, surgiu a necessidade do estudo, avaliando ainda se a narasina obteria efeitos do ponto de vista de fermentação ruminal sobre um alimento de qualidade inferior.

Diante disso objetivou-se com o presente trabalho avaliar, em dois experimentos diferentes, a inclusão de narasina no primeiro estudo e seus efeitos sobre a fermentação ruminal e digestibilidade dos nutrientes de novilhos Nelore alimentados com volumosos de qualidade diferente, e monensina no subsequente e seus efeitos sobre a fermentação ruminal e digestibilidade dos nutrientes em novilhos Nelore alimentados com dieta com elevado teor de concentrado.

2. Revisão de Literatura

2.1 Aditivos na Manipulação da fermentação ruminal

O controle da fermentação ruminal pode ser feito de diferentes maneiras: a partir da variação do substrato das propriedades formuladas e intrínsecas do alimento que constitui a dieta; por meio dos métodos utilizados para distribuir ração aos animais (manejo alimentar); pelo processamento ou tratamento químico/físico dos nutrientes encontrados na ração, assim como a ação de aditivos que selecionam a microbiota ruminal ou modulam as vias metabólicas responsáveis por suas atividades (RODRIGUES, 2016).

Em termos simplificados, os principais objetivos da manipulação ruminal seriam melhorar os processos como a fermentação do lactato e conversão de compostos nitrogenados não proteicos em proteína microbiana, enquanto os processos que deveriam ser minimizados incluem a produção de metano, degradação da proteína e absorção de amônia (NAGARAJA et al., 1997).

2.2 Ionóforos

Os ionóforos são um dos principais aditivos alimentares utilizados no mundo. De acordo com Millen et al. (2009), 98,7% dos nutricionistas brasileiros utilizam ionóforos na formulação de dietas para bovinos. Começaram a ser utilizados durante a década de 70. Em 1971, foi aprovada sua utilização para aves, com o objetivo de controle de coccidiose e em 1975, o Food and Drug Administration (FDA) aprovou sua utilização como promotor de crescimento para bovinos confinados (MCGUFFEY et al., 2001).

São poliéteres carboxílicos, moléculas classificadas como antibióticos pelo FDA, produzidos principalmente por bactérias do gênero *Streptomyces spp.* Atualmente são conhecidos mais de 120 tipos de ionóforos (NAGARAJA et al., 1997). Capazes de transportar íons, formam complexos lipossolúveis com cátions, permitindo sua passagem pela membrana lipídica de bactérias Gram-positivas e protozoários do rúmen, interferindo no equilíbrio sódio-potássio celular. Portanto, os ionóforos causam alterações na microbiota ruminal, favorecendo as bactérias Gram-negativas e afetando negativamente as bactérias Gram-positivas. A ação seletiva sobre bactérias ruminais, alteram também o perfil de fermentação do rúmen (RODRIGUES, 2016).

Os ionóforos são utilizados como aditivos em rebanhos comerciais de bovinos leiteiros e de corte, visando modular o consumo de matéria seca e aumentar a eficiência de produção de carne e leite (McGUFFEY et al., 2001).

A ação dos ionóforos no rúmen ocorre por mudanças na população microbiana, selecionando bactérias Gram-negativas, produtoras de ácido succínico ou que fermentam ácido láctico, e inibindo Gram-positivas, produtoras dos ácidos acético, butírico e láctico e também de H₂ (MORAIS et al., 2006).

A atuação sobre os microrganismos ruminais é dependente da permeabilidade do invólucro da célula do microrganismo. As bactérias gram-positivas apresentam apenas uma membrana, sendo elas mais afetadas pela ação dos ionóforos, enquanto que as gram-negativas apresentam uma segunda membrana externa. Essa segunda membrana presente nas bactérias gram-negativas é impermeável a partículas grandes, sendo que os canais de proteínas existentes (porinas) possuem tamanho máximo de 600 Dalton. Os ionóforos por sua vez, possuem tamanho superior a 600 Dalton, não atuando sobre esse conjunto de bactérias. Entretanto, as gram-positivas possuem apenas uma membrana, que é mais porosa, e permite a ação dos ionóforos (MORAIS et al.,

2006). O efeito líquido é uma mudança no ecossistema microbiano, favorecendo alguns microrganismos, principalmente gram negativos, que são resistentes a ação dos ionóforos (TEDESCHI, 2003).

Os ionóforos possuem capacidade de interagir passivamente com cátions, servindo assim como veículo de transporte para estes, através da membrana celular (RUSSEL & STROBEL, 1989). Estes antibióticos formam complexos com cátions, como K^+ , Na^+ , Ca_2^+ e Mg_2^+ , entretanto, possuem afinidade diferenciada por estes íons. A monensina sódica, por exemplo, modula primariamente o Na^+ , pois sua afinidade a este íon é dez vezes maior do que ao K^+ , e não tem afinidade por íons bivalentes. Por outro lado, a lasalocida tem maior afinidade para o K^+ e menor atração pelo Ca_2^+ e Na^+ (PRESSMAN, 1976).

O mecanismo de ação dos ionóforos sobre as bactérias está relacionado com o funcionamento da bomba iônica, responsável pelo controle do balanço químico entre os meios interno e externo da célula. Ao se ligarem à membrana celular das bactérias, facilitam o movimento dos cátions através da membrana celular, levando à uma reação de rápida saída de K^+ e entrada de H^+ , o que leva a um acúmulo de H^+ no citoplasma das bactérias gram-positivas, provocando redução do pH. As bactérias utilizam mecanismo de transporte ativo para dissipar o H^+ intracelular, com gasto energético, reduzindo as reservas e a taxa de síntese de proteína, diminuindo a capacidade de divisão celular dos microrganismos (MCGUFFEY et al., 2001). A bomba iônica não consegue compensar o efeito do uso de ionóforo provocando desequilíbrio osmótico, com entrada de água na célula, podendo ocorrer o rompimento da mesma. Dessa forma, a utilização de ionóforos provoca um estado de letargia ou morte das bactérias (RUSSELL e STROBEL, 1989).

Fungos e protozoários podem também ser sensíveis à ação dos ionóforos, dependendo da espécie, período de alimentação e tipo de dieta (MCGUFFEY et al., 2001).

Os efeitos anti-metanogênicos dos ionóforos estão mais relacionados com a inibição da formação dos precursores (formato e H_2) do metano do que um efeito direto sobre a população de metanogênicas, uma vez que essas são mais resistentes aos ionóforos do que as bactérias que produzem e fornecem H_2 . A redução dos precursores de metano seria responsável por apenas 45% do efeito dos ionóforos sobre a produção de metano, sendo o restante consequência da

menor ingestão de alimentos (NAGARAJA et al., 1997). A diminuição da produção de metano observada na presença de ionóforos também pode estar associada à inibição no crescimento de protozoários ciliados, que conhecidamente produzem H₂ e são colonizados por metanogênicas (McALLISTER et al., 1996).

A utilização de ionóforos em dietas de ruminantes resulta em benefícios biológicos, como melhor eficiência de retenção de energia e utilização de nitrogênio advindo da dieta (TEDESCHI, 2003), alteração nas proporções molares dos AGCC produzidos no rúmen e mitigação na produção de metano, minimiza a ocorrência de distúrbios metabólicos de caráter nutricional, resultantes da fermentação ruminal, como acidose, timpanismo e laminite (GONZÁLEZ et al., 2012); diminui a deaminação e absorção de amônia, agem na redução da excreção de compostos nitrogenados e a emissão de metano, que representam a ineficiência do processo fermentativo do rúmen, aumentando a eficiência de utilização de alimentos, proporcionando aumento do desempenho produtivo dos animais (MORAIS et al., 2011).

A capacidade dos ionóforos em reduzir a produção de metano e alterar a proporção de ácidos graxos de cadeia curta produzidos pela fermentação ruminal explica parte do aumento potencial no desempenho e eficiência alimentar dos animais (RUSSEL e STROBEL, 1989). Ellis et al. (2012) avaliaram doses de monensina sobre o perfil de AGCC em bovinos alimentados com dietas com alto teor de concentrado, e observaram que a inclusão do ionóforo aumenta a proporção molar de propionato, diminui o butirato e não afeta o acetato, reduzindo a proporção acetato:propionato, aumentando a proporção molar do propionato aumenta-se a disponibilidade de energia para o animal.

2.3 Monensina sódica

A monensina é um poliéter monovalente, isolada das *Streptomyces cinnamonensis*, que inibe as bactérias gram positivas por meio da catalisação das trocas de sódio e prótons ou potássio e prótons na membrana. Suas moléculas têm capacidade de transportar cátions através da membrana das

bactérias, apresentando a seguinte afinidade: $\text{Na} > \text{K} > \text{Rb} > \text{Li} > \text{Cs}$ (PRESSMAN, 1976).

Esse ionóforo é altamente eficaz contra as bactérias gram positivas, mas apresentam pouca ou nenhuma atividade contra as bactérias gram negativas (CHEN e WOLIN, 1979), o que pode ser explicado pelo fato de as bactérias gram negativas possuírem um envoltório celular constituído por uma parede celular e também de uma membrana externa de proteção formada por proteínas, lipoproteínas e lipopolissacarídeos. A segunda membrana presente nas bactérias gram negativas possui canais de proteínas (porinas) com tamanho limite de aproximadamente 600 Dalton, tornando-as impermeáveis à ação dos ionóforos, os quais possuem em sua maioria, tamanho maior que 600 Dalton. Já as bactérias gram positivas são constituídas por uma camada porosa e espessa de peptidoglicano, não impedindo a ação da monensina (MORAIS et al., 2011).

Segundo Moraes et al. (2011), seu mecanismo de ação está relacionado com o mecanismo de bomba iônica, o qual regula o balanço químico entre os meios intra e extracelulares. As células bacterianas apresentam, em condições normais, concentrações de K^+ intracelular superior à extracelular. Ao se ligar à membrana celular das bactérias gram-positivas, a monensina promove a rápida saída de K^+ e a entrada de H^+ no interior da célula bacteriana, que ocorre devido à mudança de gradiente iônico externo. O H^+ que se acumula no interior da célula provoca uma queda de pH. Como resposta a queda de pH, a célula passa a exportar H^+ para o exterior, permitindo a entrada de Na^+ para o interior (bomba Na^+/K^+). Também são realizadas trocas pela bomba próton ATPase, para a exportação de H^+ . Entretanto, esse mecanismo demanda grande parte da energia produzida pela célula, com o objetivo de manter o pH e o balanço iônico celular. Com o passar do tempo ocorre a redução do metabolismo energético, diminuindo sua capacidade de crescimento e reprodução. A bomba iônica não consegue funcionar adequadamente, havendo um aumento da pressão osmótica, levando à morte celular (RUSSEL & STROBEL, 1989).

De acordo com Russell e Strobel (1989), a monensina inibe as bactérias gram positivas produtoras de hidrogênio, formato, acetato, butirato e amônia, enquanto que as bactérias gram negativas produtoras de succinato e propionato, e utilizadoras de lactato, são resistentes. Dessa maneira, haverá aumento da proporção molar de propionato, e diminuição da proporção molar de acetato e

butirato, resultando na melhora do metabolismo energético e do metabolismo do nitrogênio. Conseqüentemente, a mudança na relação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), acarretará na redução da produção de metano, pois as bactérias gram negativas irão utilizar H⁺ para formar propionato, diminuindo o substrato para as bactérias metanogênicas.

Além da melhoria na eficiência energética, a monensina promove a redução na degradação ruminal de peptídeos e aminoácidos, aumentando o fluxo de proteína dietética para o intestino delgado (MCGUFFEY et al., 2001).

A monensina sódica também pode ser utilizada com o propósito de diminuir distúrbios digestivos, pois atua diretamente nos microrganismos ruminais que produzem lactato (*Streptococcus bovis* e *Lactobacillus spp*), estabilizando a fermentação (COE et al., 1999) e diminuindo a ocorrência de bruscas oscilações no pH ruminal (BURRIN & BRITTON, 1986). Do mesmo modo, pode diminuir a ocorrência de timpanismo espumoso em bovinos (NAGARAJA et al., 1997), pois diminui a população de *Streptococcus bovis*, que produzem mucopolissacarídeos e são responsáveis por aumentar a viscosidade do líquido ruminal, dificultando a separação e eliminação dos gases presentes no rúmen (CHENG et al., 1998).

A monensina é responsável por alterações na microbiota ruminal, resultando em aumento da produção de propionato e alterações nos mecanismos de saciedade, o que resulta na redução da quantidade de alimento ingerido e aumento da frequência das refeições (GONZÁLEZ et al., 2012), tornando-se uma importante ferramenta de manejo na nutrição de ruminantes, para regular a ingestão de alimento e atuar no controle da ocorrência de acidose ruminal (NAGARAJA & LECHTENBERG, 2007).

A utilização de monensina sódica em dietas para ruminantes tende a reduzir a taxa de ingestão, bem como a quantidade de alimento ingerido por refeição, aumentando o número de refeições diárias. Esse pode ser um dos pontos que auxiliem a minimizar a queda do pH ruminal por parcelar a entrada de material passivo de fermentação no rúmen, gerando assim um ambiente mais estável, com menor risco de ocorrência de acidose. Outro ponto é o controle que os ionóforos fazem na população de bactérias ruminais, selecionando as produtoras de ácido succínico e as que fermentam lactato, bem como inibindo as produtoras de lactato (RODRIGUES, 2016).

Aumento da retenção de energia, redução de distúrbios metabólicos, aumento no ganho de peso, redução da ingestão de matéria seca e aumento da eficiência alimentar são consequências do uso destes aditivos (TEDESCHI, 2003; DUFFIELD et al., 2012; GONZÁLEZ et al., 2012).

Diante do exposto, observa-se inúmeros estudos avaliando a monensina e seus efeitos, desde o ponto de vista da produção de ácidos graxos de cadeia curta à eficiência alimentar. No entanto, ainda existem várias lacunas de pesquisa dentro do tema e, dentro dessa lacuna, observamos a falta de estudos comparando os efeitos do uso de fontes comerciais diferentes da monensina e seus efeitos do ponto de vista de fermentação ruminal e digestibilidade aparente, onde baseia-se o objetivo do segundo experimento, descrito a partir do tópico 3.

2.4 Narasina

De acordo com Berg & Hamill (1978), a narasina é um antibiótico ionóforo produzido por bactérias *Streptomyces aureofaciens*, com fórmula molecular $C_{43}H_{72}O_{11}$ e peso molecular 765 g/mol. Além disso, os autores afirmaram que a molécula possui solubilidade em álcool, acetona, clorofórmio e acetato de etila, entretanto, é insolúvel em água. Assim como os demais ionóforos, a narasina apresenta afinidade seletiva, sendo a afinidade pôr $Na^+ > K^+ = Rb^+ > Cs^+ > Li^+$ (Wong et al., 1977).

A narasina é utilizada principalmente para prevenir a ocorrência de coccidiose em aves domésticas, devido à capacidade coccidiostática da molécula (Jeffers et al., 1988). Em alguns trabalhos, a narasina foi utilizada como promotor de crescimento para suínos (Arkfeld, et al. 2015). Em experimento realizado *in vitro*, Berg & Hamill (1978) afirmaram que a narasina foi ativa contra bactérias gram-positivas e fungos, elucidando a capacidade da molécula em controlar a população microbiana.

Nagaraja et al. (1987) realizaram ensaios *in vitro*, em que foram testados vários aditivos ionóforos e não ionóforos e observaram que a narasina aumentou a concentração molar de propionato com doses inferiores a monensina e lasalocida, além de ser mais eficaz na inibição da produção de ácido láctico que

os demais aditivos. Os autores ainda afirmaram que a dosagem de narasina para ter o mesmo efeito que a monensina e lasalocida foram cerca de três vezes menores. Além disso, Wong et al. (1977) ressaltaram que a narasina é cerca de três a quatro vezes mais eficaz do que a monensina na inibição de ATPase. Por essas características, o interesse em utilizar a narasina na nutrição de ruminantes aumentou.

As pesquisas envolvendo a utilização de narasina para ruminantes são muito restritas. Nos últimos oito anos o Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz (ESALQ) tem desenvolvido pesquisas avaliando a inclusão de narasina na nutrição de bovinos e ovinos, em dietas contendo elevado teor de concentrado ou volumoso. Os objetivos iniciais foram avaliar os efeitos nos parâmetros de fermentação ruminal, digestibilidade aparente dos nutrientes e desempenho de pequenos ruminantes, além de definir a melhor dosagem a ser utilizada.

Polizel et al. (2018) avaliaram os efeitos do fornecimento de doses crescentes de narasina (0, 8, 16, 24 e 32 mg/kg de MS) para borregos alimentados com dietas contendo elevado teor de forragem sobre os parâmetros de fermentação ruminal. Foram fornecidos 20 g de milho moído fino contendo a dosagem exata de narasina por kg de MS ofertada, sendo esse veículo fornecido duas vezes ao dia, para garantir o consumo frequente da narasina. Os autores verificaram que não houve efeito das doses de narasina na proporção molar de acetato, propionato, isobutirato, butirato, isovalerato, valerato, relação acetato:propionato, pH ruminal e concentração total de protozoários. Entretanto, os autores relataram que a concentração total de ácido graxo de cadeia curta (AGCC) aumentou linearmente com a inclusão das doses de narasina.

No mesmo experimento, Polizel et al. (2018) avaliaram o consumo e digestibilidade dos nutrientes, e verificaram que a inclusão de doses de narasina (0, 8, 16, 24 e 32 mg/kg de MS) não afetou o CMS, matéria orgânica, FDN e FDA. As doses de narasina também não afetaram a digestibilidade aparente da matéria seca e matéria orgânica.

Com relação à utilização de narasina em dietas contendo elevado teor de concentrado, Polizel et al. (2021) utilizaram 30 borregos, providos de cânulas

ruminais, para avaliar os parâmetros de fermentação ruminal, recebendo dietas contendo 90% de concentrado, divididos em cinco tratamentos: controle (C = sem ionóforo), 25 mg de monensina/kg de MS (M) e 5, 10 ou 15 mg de narasina/kg de MS (N5, N10 e N15). Os autores observaram que os animais alimentados com as dietas contendo ionóforos (monensina ou narasina) apresentaram maior proporção molar de propionato, sem afetar o acetato, resultando em menor relação acetato:propionato para os animais alimentados com os aditivos. Os animais alimentados com monensina apresentaram menor proporção molar de butirato em relação aos animais alimentados com dietas contendo narasina. Além disso, os animais do tratamento controle tiveram maior proporção de butirato em relação aos demais tratamentos. A inclusão de narasina diminuiu linearmente a concentração total de AGCC, entretanto, não afetou o pH ruminal dos animais.

Para avaliar o efeito da narasina sobre o desempenho de cordeiros, Polizel et al. (2021) utilizaram as mesmas dietas descritas no parágrafo anterior (C, M, N5, N10 e N15). Os autores utilizaram 50 cordeiros recém-desmamados com peso inicial de $25,3 \pm 0,5$ kg e relataram que ao final de 56 dias de confinamento a inclusão de narasina aumentou linearmente o peso final dos animais ($P = 0,02$) e os animais alimentados com narasina tiveram peso final superior quando comparados com os animais do tratamento com monensina. As dietas experimentais não afetaram o CMS. Entretanto, as doses de narasina aumentaram linearmente a eficiência alimentar dos animais.

Em trabalho realizado por Silva et al. (2015), os autores avaliaram a inclusão de doses de narasina no sal mineral para novilhas, sendo o tratamento Controle (sem adição de ionóforo, adição de 650 mg (6,5N) ou 1300 mg (13N) de narasina/kg de mistura mineral). A inclusão de narasina não afetou o consumo de mistura mineral (Controle: 60,7; 6,5N: 55,6; 13N: 57,4 g/novilha/d, $P = 0,75$). As novilhas do tratamento 13N apresentaram maior ganho médio diário em relação aos tratamentos Controle e N6,5. O consumo de matéria seca não foi afetada pelas dietas experimentais. Entretanto, os animais do tratamento 13N apresentaram menor conversão alimentar em relação aos tratamentos Controle e 6,5N.

Verifica-se de acordo com estudos apresentados que a narasina possui efeitos sobre o ponto de vista de fermentação ruminal de animais alimentados com dietas que contenham elevado teor de volumoso, no entanto, pontuamos a necessidade de estudos que avaliassem o efeito da molécula, sobre qualidades diferentes de forragem, representando no Brasil pastagens da estação chuvosa e estação seca, onde fundamenta-se os objetivos do experimento 1.

3. Experimento I: Inclusão de narasina sobre fermentação ruminal de novilhos submetidos a dieta com elevado teor de volumoso de qualidades diferentes.

Hipóteses

A inclusão de narasina na alimentação dos animais submetidos a dieta com alto teor de volumoso resultará em alterações no padrão de fermentação ruminal, alterações na população microbiana ruminal. Desta forma espera-se aumento da proporção molar de propionato e redução da proporção molar de acetato e não afetará a digestibilidade dos nutrientes.

A qualidade do volumoso será capaz de inferir na digestibilidade e consumo dos nutrientes.

3.1 Objetivos

Objetivou-se avaliar a inclusão da narasina no consumo, digestibilidade aparente dos nutrientes e nos parâmetros de fermentação ruminal utilizando dietas com elevado teor de volumoso de diferente qualidade.

3.2 Local do experimento e animais

O experimento foi realizado nas instalações do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal pertencente ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). Todos os procedimentos adotados na realização do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética de Uso Animal (CEUA) da mesma instituição (Protocolo 1946311019)

Foram utilizados 28 bovinos da raça Nelore, machos castrados, com peso corporal de $350 \pm 32,4$ kg, providos de cânulas no saco dorsal do rúmen. Os animais foram alocados em 4 tratamentos.

3.3 Delineamento e período experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completos casualizados em esquema fatorial 2x2, com quatro tratamentos e sete repetições, definidos de acordo com o peso inicial dos animais. O experimento teve duração de 28 dias.

3.4 Tratamentos e manejo alimentar

Os novilhos foram aleatoriamente distribuídos, dentro de cada bloco, em 1 dos 4 tratamentos experimentais, em arranjo fatorial 2×2 , sendo o fator 1 a qualidade nutricional do volumoso (**Baixa PB** = 8,08% na MS; **Alta PB** = 15,3% na MS), e o fator 2 a inclusão de narasina (**0N** = sem a inclusão de narasina; **13N** = inclusão de 13 ppm de narasina). A tabela 1 demonstra a composição bromatológica dos pré-secados utilizados na alimentação dos animais durante o período experimental.

Tabela 1. Composição bromatológica dos pré-secados e milho, utilizados durante o experimento.

| Item (%) | Pré-secado | Pré-secado | Milho |
|---------------|------------|------------|-------|
| | Alta PB | Baixa PB | |
| MS | 25,67 | 39,33 | 88,52 |
| MO | 90,00 | 90,83 | 98,71 |
| MM | 10,00 | 9,17 | 1,29 |
| FDN | 63,7 | 75,4 | 10,80 |
| FDA | 37,1 | 57,7 | 3,05 |
| Hemicelulose | 26,6 | 17,7 | 7,75 |
| Celulose | 29,9 | 47,4 | 2,00 |
| Lignina | 7,20 | 10,3 | 1,05 |
| PB | 15,30 | 8,08 | 10,10 |
| NFDN, % na MS | 4,18 | 3,01 | 0,80 |
| NFDN, % da PB | 23,6 | 37,3 | 7,92 |
| NFDA, % na MS | 2,26 | 1,79 | 0,22 |
| NFDA, % da PB | 12,9 | 22,2 | 2,18 |

Os animais de todos os tratamentos receberam 50 gramas de concentrado (milho moído) para cada cinco quilos de MS consumido. Esse concentrado foi utilizado como veículo para fornecimento da narasina para os tratamentos 13N, e os animais dos tratamentos 0N receberam na mesma proporção, porém sem inclusão do ionóforo.

As dietas experimentais foram compostas por pré-secado de “coatcross” que foram picados antes do fornecimento aos animais. A oferta de forragem, concentrado e mistura mineral foi realizada diariamente. A oferta foi ajustada com base no consumo de MS de três dias anteriores. O concentrado foi fornecido sempre antes da oferta de forragem. O pré-secado somente era fornecido após o consumo total do “veículo” (concentrado), garantindo assim, a ingestão do aditivo. A mistura mineral também foi ofertada diariamente, em cochos separados, individuais, para que não houvesse contaminação com as partículas de pré-secado, que poderiam comprometer o consumo da forragem.

3.5 Digestibilidade aparente dos nutrientes

As colheitas de fezes para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes foram realizadas entre os dias 22 a 26 experimentais. A produção total de fezes foi quantificada diariamente neste período e uma amostra (10% do total) foi armazenada a -18°C para análise química. As amostras de oferta e sobra de alimentos bem como de fezes colhidas durante o ensaio de digestibilidade foram analisadas no Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da ESALQ – USP.

As amostras foram descongeladas, secas em estufas de ventilação forçada a 55°C por 96 horas para determinação da MS 1. Posteriormente, as amostras foram processadas em moinho tipo Willey com peneiras com crivos de 1 mm. Realizou-se a determinação de matéria seca 2 (MS 2) por meio de secagem das amostras em estufa a 105° C por 24 horas e matéria mineral (MM) através da incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 horas (AOAC, 1997). Para a determinação do nitrogênio total foi utilizado o aparelho LECO Tru Mac® /N (Nitrogen Determinator, version 1,5x, St. Joseph, EUA). A proteína bruta (PB) foi calculada pela multiplicação do nitrogênio total por 6,25. A determinação da fração fibrosa foi realizada de forma sequencial, utilizando alfa-amilase termoestável e sulfito de sódio para análise de fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com metodologia proposta por Van Soest et al. (1991) e a fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Goering e Van Soest (1970), sendo utilizado o Analisador de Fibra Ankon 2000 (Ankon Tech. Corp., Macedon, NY, USA).

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{DATT}(\%) = \frac{(\text{MSC} \times \text{NMS}) - (\text{MSF} \times \text{NMF})}{(\text{MSC} \times \text{NMS})} \times 100$$

DATT = digestibilidade aparente trato total;

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

3.6 Parâmetros de fermentação ruminal

No 27º dia experimental foram realizadas colheitas de fluido ruminal dos animais, nas horas: 0 (antes da oferta de alimento), 6 e 12 após o fornecimento da dieta. Imediatamente após a colheita, o conteúdo ruminal foi filtrado em tecido de nylon de 150 micras. Após isso, realizava-se a mensuração do pH ruminal, utilizando um potenciômetro digital (DIGIMED, Instrumentação Análítica).

Foram armazenadas amostras do fluido ruminal por animal, por hora de colheita, armazenado em três frascos plásticos a -18°C para posterior determinação de AGCC e nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

Para a determinação de AGCC, 1,6 mL do fluido ruminal adicionado de 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados a 15.000 g, durante 15 minutos e a 4°C. Posteriormente, o extrato sobrenadante ($\pm 1,2$ mL) de cada amostra foi transferido para vials cromatográficos. Desse extrato foi injetado 1 μ L em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (1909F-112; 25 m; 0,32 mm; 0,5 μ m; JeW Agilent Technologies). A injeção foi realizada de forma automática pelo sistema injetor. O gás de arraste utilizado foi o H₂, mantido em fluxo de 31,35 mL/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260°C. O tempo total da análise cromatográfica foi de 16,5 minutos, dividido em três rampas de aquecimento: 80°C (1min), 120°C (20°C/min; 3min) e 205°C (10°C/min; 2 min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa. A concentração de N-NH₃ foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitor de microplaca (BIO – RAD, Hercules, CA), utilizando filtro para absorvância de 550 nm.

3.7 Análise estatística

Durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado como efeito significativo quando $P \leq 0,05$. Todos os dados foram analisados quanto à

normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do r de student. O conjunto de dados que não respeitaram alguma das premissas estatísticas foram submetidos às transformações logarítmicas, inversa ou raiz quadrada.

Os dados foram analisados utilizando o Procedimento MIXED do SAS (SAS versão 9.0), considerando o arranjo de tratamentos fatorial 2 x 2 (qualidade do volumoso x inclusão de narasina). Para todas as análises o animal foi considerado a unidade experimental e o subject foi definido como animal(tratamento). Para as variáveis de consumo e digestibilidade dos nutrientes, o modelo estatístico inclui o efeito fixo do fator 1 (alta ou baixa concentração de proteína bruta), efeito fixo do fator 2 (inclusão ou não de 13 ppm de narasina) e a interação fator 1 x fator 2. Bloco foi incluído no modelo como efeito aleatório. Já as variáveis relativas aos parâmetros de fermentação ruminal foram avaliadas como medidas repetidas no tempo, sendo considerado os efeitos fixos do fator 1, fator 2, interação (qualidade do feno x narasina), efeito da hora de coleta (H0, H6 e H12) e as interações hora x fator 1, hora x fator 2 e hora x fator 1 x fator 2. O efeito de bloco e animal foram incluídos como efeito aleatório. Para as variáveis analisadas como medidas repetidas no tempo, dez matrizes de covariância foram testadas e utilizada a matriz que apresentou o menor valor obtido para "Akaike Information Criterion Correted" (AICC). As médias dos tratamentos foram obtidas pelo comando LSMEANS.

3.8 Resultados

Na tabela 2 e 3 estão apresentados os resultados obtidos de consumo, digestibilidade dos nutrientes e dos parâmetros de fermentação ruminal.

Tabela 2. Consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhos Nelore alimentados com pré-secado com diferentes qualidades, suplementados ou não com narasina.

| Item | Dietas ¹ | | | | EPM | Valor de P ² | | |
|-----------------------|---------------------|-------|----------|-------|-------|-------------------------|--------|--------|
| | Alta PB | | Baixa PB | | | V | N | V x N |
| | 0N | 13N | 0N | 13N | | | | |
| Consumo, | | | | | | | | |
| MS, kg/d | 5,48 | 5,52 | 4,22 | 4,13 | 0,21 | <0,0001 | 0,8947 | 0,7329 |
| MS, % PC | 1,53 | 1,51 | 1,19 | 1,17 | 0,06 | <0,0001 | 0,7608 | 0,9525 |
| MS,g/kg PC | 66,39 | 66,09 | 51,55 | 50,58 | 2,33 | <0,0001 | 0,7911 | 0,8887 |
| MO, kg/d | 4,93 | 4,97 | 3,85 | 3,74 | 0,19 | <0,0001 | 0,8520 | 0,7005 |
| FDN, kg/d | 2,92 | 2,94 | 2,62 | 2,56 | 0,12 | 0,0072 | 0,8569 | 0,7197 |
| FDA, kg/d | 1,52 | 1,53 | 1,57 | 1,53 | 0,06 | 0,6477 | 0,8462 | 0,6830 |
| Hemi, kg/d | 1,40 | 1,41 | 1,04 | 1,02 | 0,05 | <0,0001 | 0,8701 | 0,7274 |
| PB, kg/d | 0,75 | 0,75 | 0,31 | 0,30 | 0,03 | <0,0001 | 0,9829 | 0,8092 |
| Digestibilidade, g/kg | | | | | | | | |
| MS | 562,4 | 542,2 | 426,9 | 404,0 | 26,57 | <0,0001 | 0,4257 | 0,9601 |
| MO | 600,8 | 579,8 | 485,9 | 463,5 | 25,06 | 0,0001 | 0,3950 | 0,9774 |
| FDN | 546,0 | 504,0 | 418,6 | 406,7 | 32,76 | 0,0022 | 0,4182 | 0,6496 |
| FDA | 496,3 | 444,5 | 357,9 | 348,1 | 39,60 | 0,0068 | 0,4439 | 0,6013 |
| Hemi | 598,1 | 567,4 | 508,0 | 496,3 | 26,80 | 0,0061 | 0,4378 | 0,7270 |
| PB | 607,0 | 601,7 | 328,0 | 335,2 | 21,57 | <0,0001 | 0,9618 | 0,7471 |

¹ Alta PB = pré-secado contendo 15,3% de PB (na MS); Baixa PB = pré-secado contendo 8,08% de PB (na MS); 0N = dieta sem a inclusão de aditivos; 13N = inclusão de 13ppm de narasina.

² V = efeito da qualidade do volumoso (pré-secado); N = efeito da inclusão de narasina; V x N = efeito da interação entre qualidade do volumoso e inclusão de narasina.

Tabela 3. Parâmetros de fermentação ruminal de novilhos Nelore alimentados com pré-secado com diferentes qualidades, suplementados ou não com narasina.

| Item | Dietas ¹ | | | | EPM | Valor de P ² | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|-------------------------|--------|--------|---------|---------|--------|-----------|
| | Alta PB | | Baixa PB | | | V | N | V x N | Hora | V x H | N x H | V x N x H |
| | 0N | 13N | 0N | 13N | | | | | | | | |
| Proporção molar, mM/100mM | | | | | | | | | | | | |
| Acético | 75,70 | 75,28 | 77,76 | 77,10 | 0,30 | <0,0001 | 0,0763 | 0,6705 | <0,0001 | 0,0168 | 0,2630 | 0,2063 |
| Propionico | 13,66 | 14,13 | 13,64 | 14,23 | 0,24 | 0,7087 | 0,0544 | 0,9665 | <0,0014 | <0,0001 | 0,7253 | 0,3677 |
| Isobutírico | 1,25 | 1,36 | 0,96 | 1,02 | 0,04 | <0,0001 | 0,0438 | 0,6190 | <0,0001 | 0,1352 | 0,7883 | 0,5597 |
| Butírico | 6,86 | 6,49 | 5,59 | 5,45 | 0,17 | <0,0001 | 0,1449 | 0,4962 | <0,0001 | 0,0001 | 0,6310 | 0,0961 |
| Isovalérico | 1,74 | 1,66 | 1,38 | 1,43 | 0,06 | <0,0001 | 0,8128 | 0,2130 | <0,0001 | <0,0001 | 0,8828 | 0,0821 |
| Valérico | 0,94 | 0,84 | 0,65 | 0,69 | 0,04 | <0,0001 | 0,4232 | 0,0808 | <0,0001 | 0,0066 | 0,8738 | 0,1798 |
| C2/C3 | 5,55 | 5,35 | 5,67 | 5,43 | 0,10 | 0,3608 | 0,0493 | 0,8888 | <0,0001 | <0,0001 | 0,9723 | 0,3774 |
| C2/C4/C3 | 6,06 | 5,82 | 6,07 | 5,82 | 0,11 | 0,9769 | 0,0364 | 0,9342 | <0,0001 | 0,0002 | 0,8666 | 0,3440 |
| Total | 80,88 | 74,20 | 67,32 | 68,86 | 2,14 | 0,0001 | 0,2372 | 0,0637 | <0,0001 | 0,0869 | 0,7069 | 0,7335 |
| pH | 7,09 | 7,20 | 7,30 | 7,23 | 0,04 | 0,0119 | 0,5737 | 0,0555 | <0,0001 | 0,3943 | 0,2965 | 0,8313 |
| Amônia, mg/dL | 11,45 ^a | 8,41 ^b | 6,12 ^b | 7,10 ^b | 0,93 | 0,0014 | 0,2657 | 0,0366 | <0,0001 | 0,0012 | 0,5323 | 0,1310 |

¹ Alta PB = pré-secado contendo 15,3% de PB (na MS); Baixa PB = pré-secado contendo 8,08% de PB (na MS); 0N = dieta sem a inclusão de aditivos; 13N = inclusão de 13ppm de narasina.

² V = efeito da qualidade do volumoso (pré-secado); N = efeito da inclusão de narasina; V x N = efeito da interação entre qualidade do volumoso e inclusão de narasina; Hora = efeito da hora de coleta; V x H = interação entre qualidade do volumoso e hora de coleta; N x H = interação entre inclusão de narasina e hora de coleta; V x N x H = interação entre qualidade do volumoso, inclusão de narasina e hora de coleta

Não houve interação entre qualidade do feno e inclusão de narasina sobre o consumo de matéria seca e a digestibilidade aparente dos nutrientes ($P > 0,05$). Houve efeito da qualidade do pré-secado para as variáveis relacionadas ao consumo, sendo observado maior consumo para os animais alimentados com o pré-secado contendo 15,3% de PB. Também foi observado efeito da qualidade do pré-secado para as variáveis relacionadas à digestibilidade aparente dos nutrientes, em que os animais alimentados com pré-secado com maior concentração de proteína apresentaram maior digestibilidade para todos os nutrientes avaliados ($P < 0,01$). A inclusão de narasina não afetou o consumo e digestibilidade dos nutrientes.

Na Tabela 3 são apresentados os dados referentes aos parâmetros de fermentação ruminal. Não houve interação entre a qualidade do volumoso, inclusão de narasina e hora de coleta ($P > 0,08$), interação entre a inclusão de narasina e hora de coleta ($P > 0,26$), assim como para a interação entre qualidade de feno e inclusão de narasina ($P > 0,05$). Foi observada interação entre a qualidade do volumoso e a hora de colheita de fluido ruminal para a proporção molar de acetato ($P = 0,02$), propionato ($P < 0,01$), butirato ($P < 0,01$), isovalerato ($P < 0,01$), valerato ($P = 0,01$), relação Ac:Prop ($P < 0,01$) e relação AcBut:Prop ($P < 0,01$) demonstrados nos gráficos. Foi observado também uma interação entre feno e hora de coleta para a concentração de N-amoniaco ($P=0,0366$), que foi desdobrada, e os resultados estão demonstrados nas figuras a seguir. A inclusão de narasina aumentou a proporção molar dos ácidos propiônico ($P = 0,05$) isobutírico ($P = 0,04$), além disso, reduziu a relação Ac:Prop ($P = 0,05$) e AcBut:Prop ($P = 0,04$).

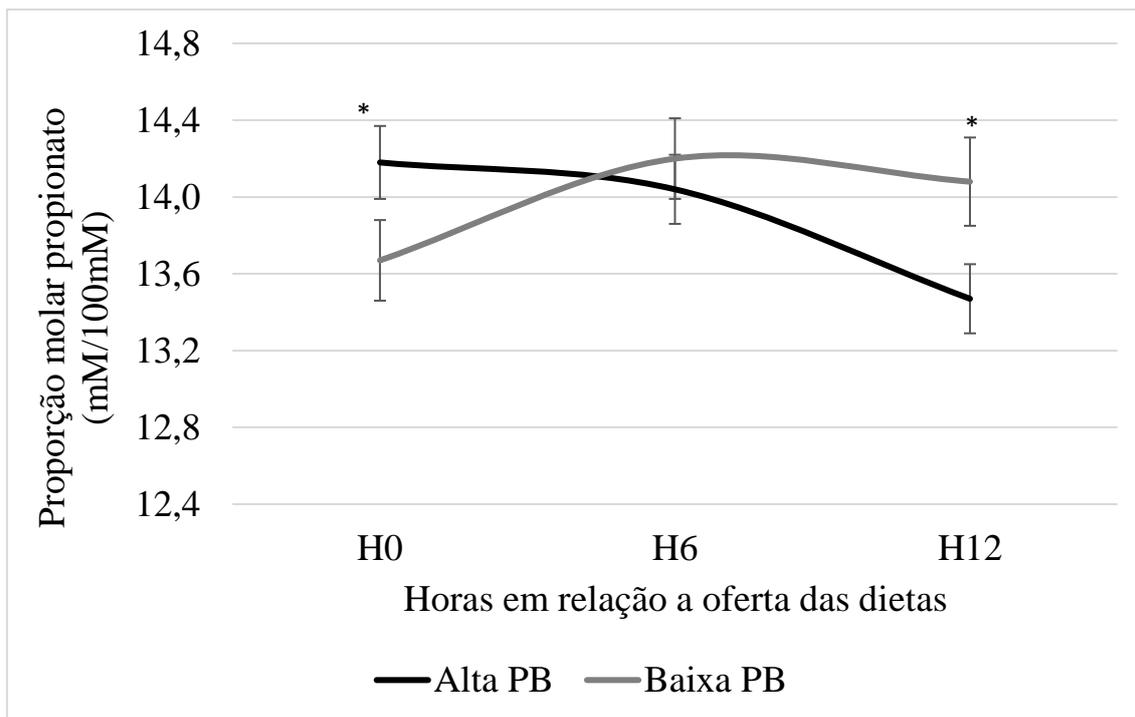


Figura 1 – Proporção molar do propionato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.

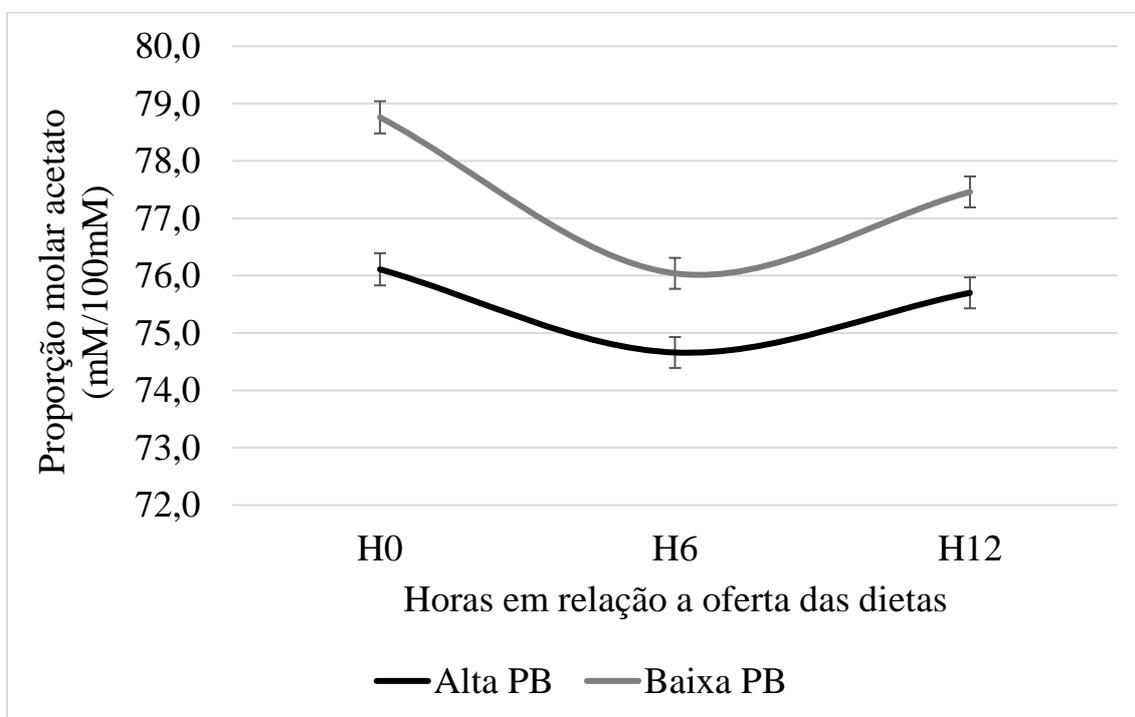


Figura 2 – Proporção molar do acetato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.

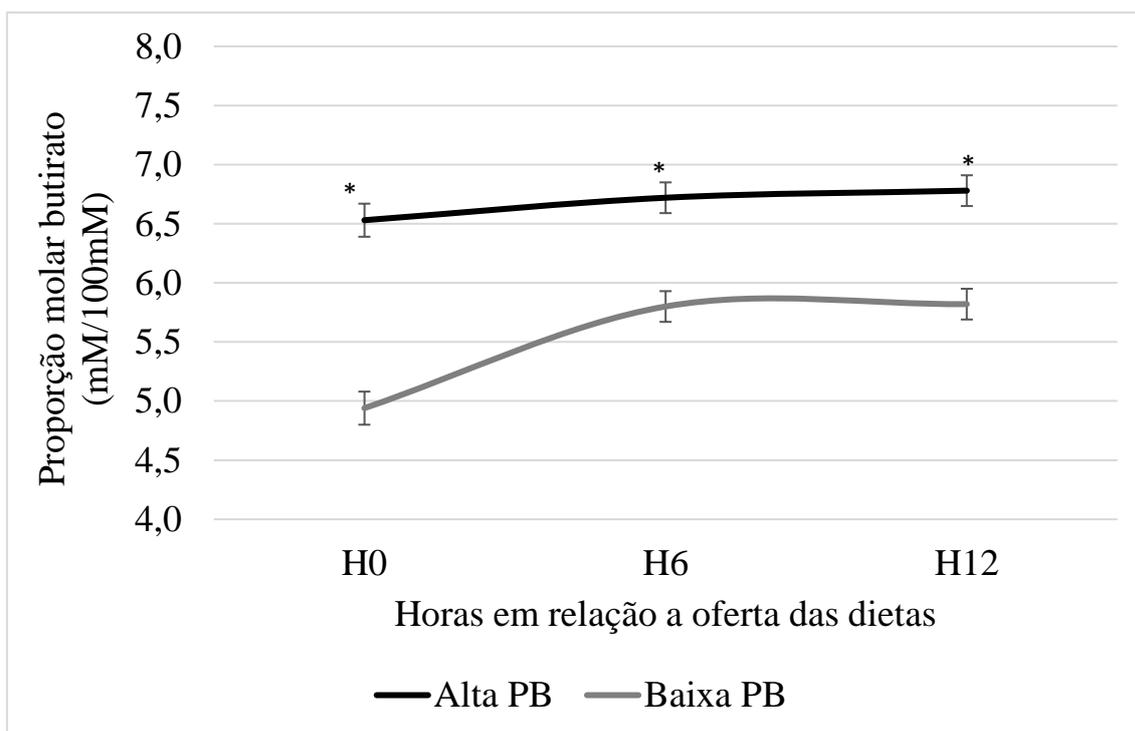


Figura 3 – Proporção molar do butirato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.

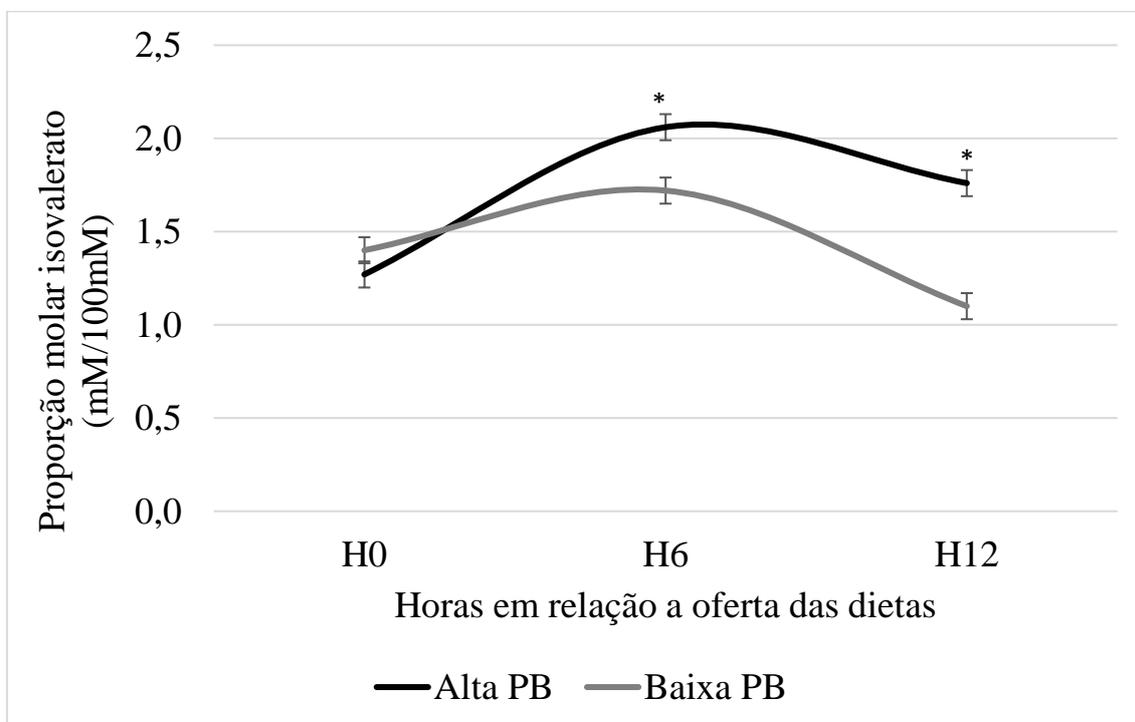


Figura 4 – Proporção molar do isovalerato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.

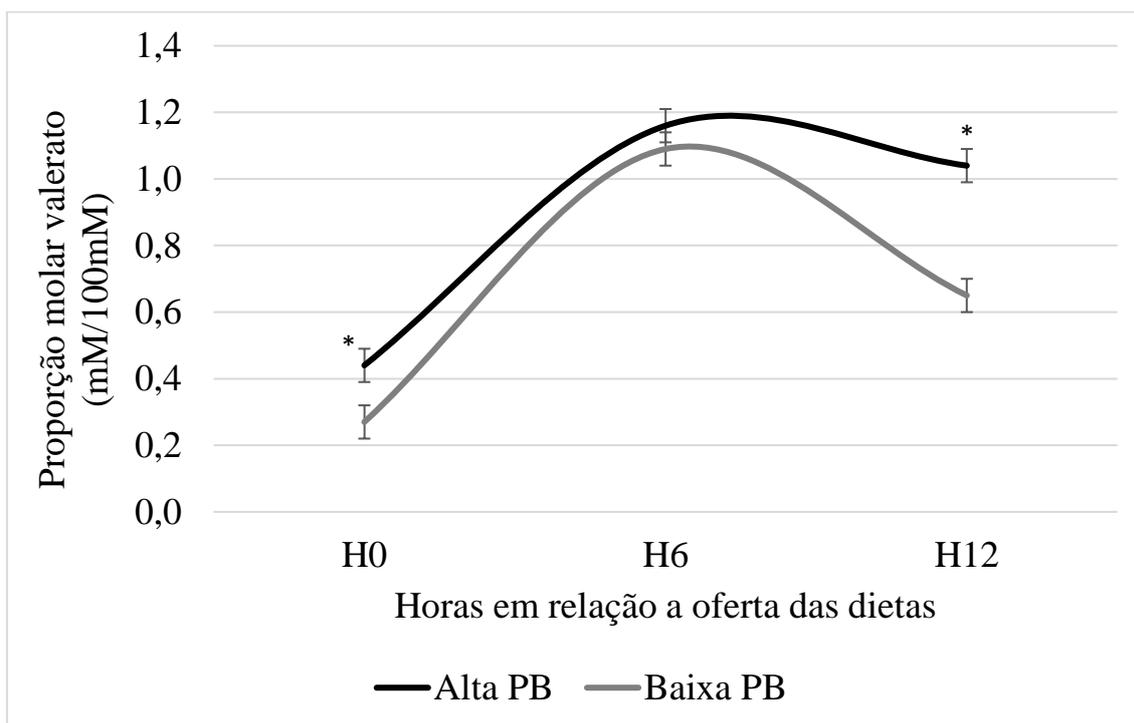


Figura 5 – Proporção molar do valerato e a interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.

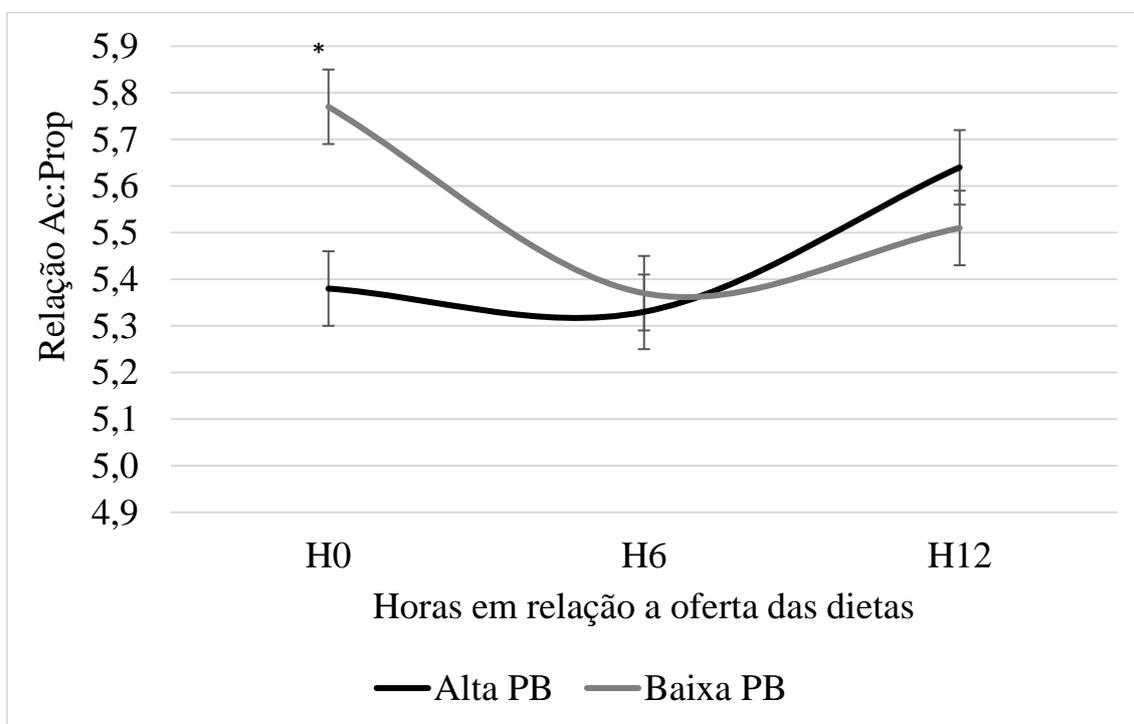


Figura 6 – Relação entre os ácidos acético:propionico, efeito da interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.

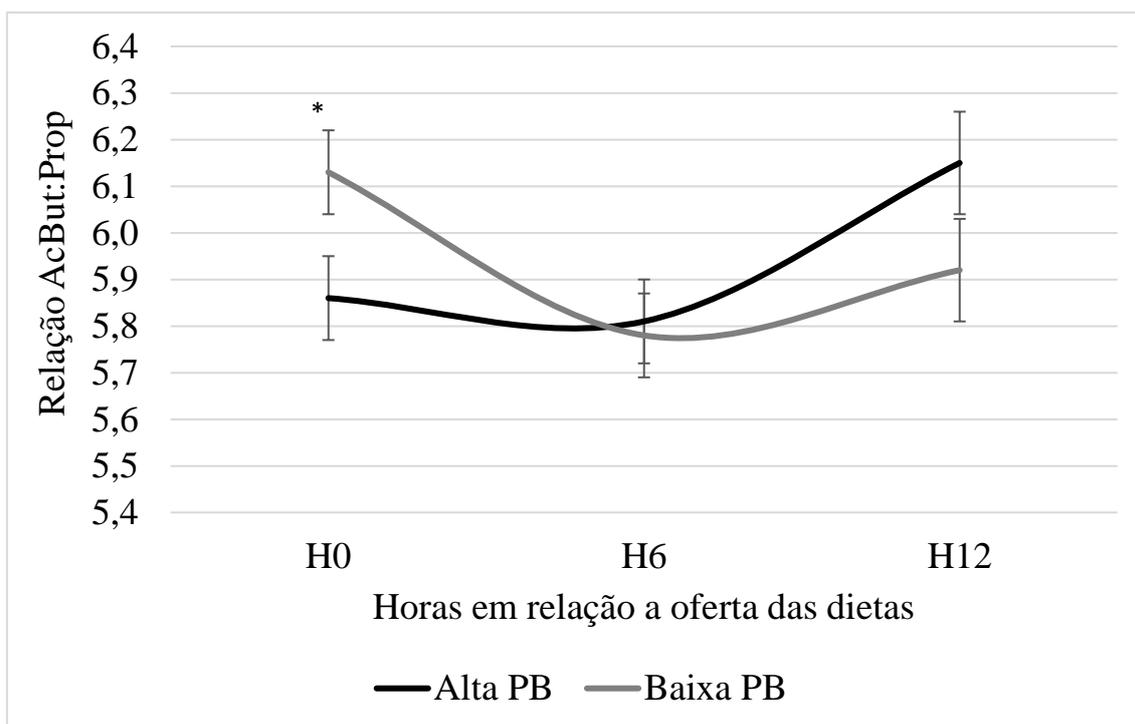


Figura 7 – Relação entre os ácidos acético+ butirico: propionico, efeito da interação entre a qualidade dos volumosos e horário de coleta do fluido ruminal.

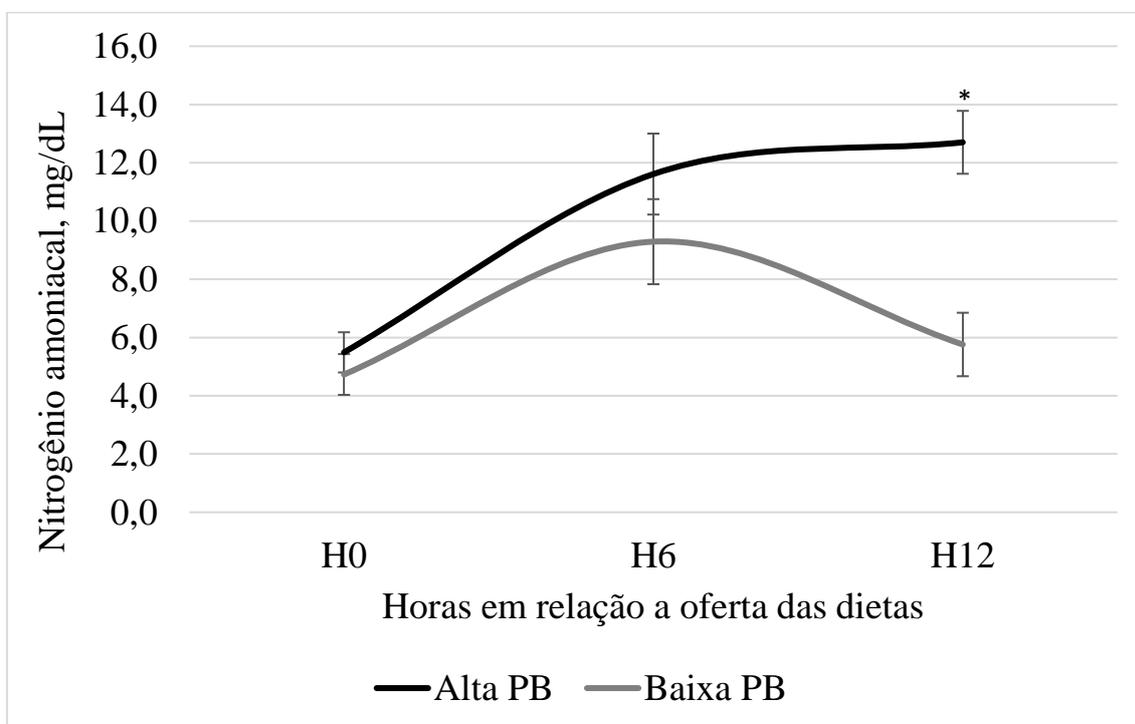


Figura 8 – Concentração de nitrogênio amoniacal e a interação entre a qualidade dos volumosos e os horários de coleta de fluido ruminal.

3.9 Discussão

A qualidade do volumoso possui capacidade de afetar o CMS (ELLIS et al., 1984), fato que foi observado no presente estudo, os animais que receberam a dieta que continha um alimento de melhor qualidade (15,3% PB) consumiram mais que os animais que receberam o alimento de qualidade inferior (8,08% PB). O consumo de matéria seca e/ou dos nutrientes são influenciados por diversos outros fatores, como a qualidade da forragem, a taxa de passagem pelo rúmen e o enchimento ruminal (ELLIS et al., 1984).

Segundo Van Soest (1982) a ingestão ou consumo de matéria seca depende do volume estrutural e, portanto, do conteúdo da parede celular. A taxa de desaparecimento da digesta rúmen-retículo depende principalmente da taxa de digestão que por sua vez, depende das propriedades físico-químicas dos alimentos consumidos (HUNGATE, 1966). A fração do volumoso que é rapidamente fermentável não ocupam espaço no rúmen-retículo por longo período de tempo (ALLISON, 1985). Dessa forma volumosos de melhor qualidade estrutural propiciam melhores ou maiores consumo de matéria seca.

A ingestão de alimentos volumosos ainda pode ser influenciada por fatores como a oferta de forragem, a estrutura da forragem (DA SILVA et al., 2013), e o manejo da pastagem, incluindo o momento ideal de colheita do material produzido (HODGSON, 1990; DOREA et al., 2020). O momento de colheita incluindo a época do ano são fatores capazes de alterar o valor nutritivo do alimento em si. Segundo Soares Filho et al., (2002) a estação do ano pode influenciar e alterar o valor de proteína bruta das forragens, onde durante as estações chuvosas o alimento apresenta maior teor de PB. Dessa forma o presente trabalho representa bem situações de colheita da forragem em “estações” diferentes, representando bem o clima tropical predominante nos sistemas de produção brasileiros.

Observando os resultados nota-se que o volumoso de qualidade inferior foi consumido em menor quantidade pelos animais. O fator que mais interfere no consumo voluntário dos animais submetidos a alimentação baseada em forragens ricas em FDN, é a limitação física do rúmen, fator que é causado pela

máxima distensão ou máxima capacidade de volume/peso da cavidade ruminal (Mertens, 1994). Este órgão, rúmen, possui receptores de tensão localizados principalmente no retículo e no saco craniano, esses receptores geram um feedback negativo para o consumo de alimentos (ALLEN, 1996). Nesse sentido, animais alimentados com forragem de baixa qualidade apresentam maior enchimento ruminal devido a menor taxa de degradação, sendo esse material mais dependente da taxa de passagem, resultando assim de redução no consumo quando comparado a animais alimentados com forragem de qualidade superior.

De acordo com os resultados obtidos, observa-se que para as variáveis relacionadas ao CMS e consumo de nutrientes não foram afetados pela inclusão da narasina. Nagaraja et al., (1997) relata que em dietas com altas proporções de alimentos volumosos a inclusão de ionóforos não resulta em diminuição na ingestão dos alimentos. Pesquisas recentes relataram que a inclusão de narasina não reduz o CMS em dietas a base de forragem (POLIZEL et al., 2020; LIMEDI et al., 2021), entretanto, este é o primeiro estudo de avaliou a inclusão da molécula em diferentes qualidades de forragem, sendo observado que o efeito da narasina é independente da qualidade da forragem tropical utilizada.

A qualidade dos pré-secados fornecidos aos animais influenciou na digestibilidade dos nutrientes, observando menores valores de digestibilidade para todos os nutrientes avaliados nos animais alimentados com pré-secado de qualidade inferior (8,08%PB). Isso pode ser explicado em primeira instância pela qualidade da fibra dos alimentos volumosos, onde possuíamos dois alimentos com composições diferentes, visto que o volumoso Baixa PB apresentou menores valores de digestibilidade, visto que em sua composição (demonstrada na tabela 1) possui maiores teores de conteúdo de parede celular e conteúdos indigestíveis como a lignina e continha menor proporção de hemicelulose em sua composição, componente mais digestível.

Além disso, esse alimento apresentava menor quantidade de PB, assim disponibilizando menor quantidade de N para os microrganismos que realizam a degradação do alimento, a nível ruminal. De acordo com Allison (1985) a digestibilidade está relacionada e pode influenciar o consumo voluntário de MS,

baixa digestibilidade aumenta o enchimento ruminal e conseqüentemente por fator físico limita o CMS.

Outro fator que explica a menor digestibilidade dos nutrientes para os animais que receberam pré-secado de (8,08%PB) é o maior teor de FDA (57,7%) para essa forragem de menor qualidade e (37,1% FDA) para o pré-secado de melhor qualidade. Sabendo que o teor de FDA está intimamente relacionado com a digestibilidade, quanto maior o teor de FDA menor será a digestibilidade (ELLIS, 1978; BUXTON et al., 1995).

Ponto importante a destacar foi a baixa digestibilidade da proteína bruta apresentada pelo volumoso Baixa PB (328,0 e 335,2 g/Kg) comparado a (607,0 e 601,7 g/Kg) para o volumoso Alta PB. Isso se deve principalmente pela composição da proteína. O alimento Baixa PB apresentou em sua composição maiores valores de NFDN e NFDA, sendo este último um nitrogênio indigestível.

Ionóforos de um modo geral, possuem capacidade de alterar as proporções molares dos AGCC que são produzidos no rúmen, aumentando a proporção de propionato, redução do acetato e a redução da relação entre eles (TOMKINS et al., 2015). Em ensaios *in vitro* a narasina, comparada a lasalocida e a monensina, mostrou ser mais potente no aumento da proporção de propionato e para redução da relação entre acetato/propionato (NAGARAJA et al., 1987). Estudos recentes realizados *in vivo*, demonstram que a narasina possui a capacidade de manipular a fermentação ruminal de animais alimentados com dietas contendo elevado teor de forragem. Polizel et al. (2020) relatou a utilização de doses de narasina aumentou a proporção molar de propionato e reduziu o acetato em novilhos. Limede et al. (2021) ao comparar a inclusão de narasina, salinomicina e flavomiscina, relatou que a narasina foi o aditivo mais eficiente em manipular o processo de fermentação ruminal em novilhos alimentados com dietas com elevado teor de forragem. Os dados do presente estudo complementam os estudos anteriores demonstrando que o efeito da inclusão de 13 ppm de narasina é independente da qualidade da forragem, resultando em aumento no propionato e redução na relação Ac:Prop.

O aumento da produção de propionato pode resultar em uma inibição indireta a metanogênese, pela alteração da população microbiana, causada pela

adição do ionóforo, reduzindo bactérias produtoras de hidrogênio e formato, diminuindo dessa forma substratos para disponíveis para produção de metano (TOMKINS et al., 2015), além disso a produção do propionato é um importante dreno de H₂ do ambiente ruminal, reduzindo ainda mais o substrato disponível para produção de metano (WOLIN, 1960). O aumento também das concentrações de propionato resulta em uma melhora do metabolismo energético, visto que o propionato é precursor de glicose, através da gliconeogênese que acontece no fígado, se tem aumento do fluxo do propionato para o sistema hepático, conseqüentemente aumenta-se a gliconeogênese (MORAIS et al., 2011). Essa melhora no status energético do processo de fermentação pode ser a justificativa principal do aumento no desempenho de animais alimentados com narasina (Lime de et al., 2021). Para a concentração total de AGCC não foi observado efeito com a inclusão de narasina, observou-se apenas efeito para as diferentes dietas, visto que o animais alimentados com pré-secado de melhor qualidade, tiveram concentração maior de AGCC ($P \leq 0,05$). Isso se dá pelo fato principalmente de que os animais submetidos a alimentação com o pré-secado de qualidade superior tiveram maior CMS, resultando em maior quantidade de substrato passivo de ser fermentado. Além disso, é possível destacar que o aumento na concentração total de AGCC pode estar associada a maior digestibilidade dos nutrientes quando oferecido o pré-secado de qualidade superior.

Para os valores de pH, conforme o esperado, foram observados valores muito semelhantes, visto que todos os animais foram alimentados com dietas a base de forragem, não esperando muita alteração dos valores de pH. Valores semelhantes foram obtidos por outros trabalhos, onde os animais também foram alimentados com dieta a base de forragem (LIMEDE et al., 2021; POLIZEL et al., 2020).

3.9.1 Referências

ALLEN, M. S. Physical Constraints on Voluntary Intake of Forages by Ruminants. *J. Anim. Sci.* 74:3063–3075. doi:10.2527/1996.74123063x. 1996.

ALLISON, C. D. Factors affecting forage intake by range ruminants: a review. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, v. 38, n. 4, p. 305-311, 1985.

BUXTON, D. R., D. R. MERTENS, AND K. J. MOORE. Forage Quality for Ruminants: Plant and Animal Considerations. *Prof. Anim. Sci.* 11:121–131. 1995.

DA SILVA, S. C., F. M. A. GIMENES, D. O. L. SARMENTO, A. F. SBRISSIA, D. E. OLIVEIRA, A. HERNANDEZ-GARAY, AND A. V. PIRES. Grazing behaviour, herbage intake and animal performance of beef cattle heifers on marandu palisade grass subjected to intensities of continuous stocking management. *J. Agric. Sci.* 151:727–739. 2013.

DOREA, J. R. R., GOUVEA, V. N., AGOSTINHO NETO, L. R. D., DA SILVA, S. C., BRINK, G. E., PIRES, A. V., SANTOS, F. A. P. Beef cattle responses to pre-grazing sward height and low level of energy supplementation on tropical pastures. *J. Anim. Sci.* 163. 2020.

ELLIS, W. C. Determinants of Grazed Forage Intake and Digestibility. *J. Dairy Sci.* 61:1828–1840. 1978.

ELLIS, W. C., G. W. HORN, D. DELANEY, AND K. R. POND. Effects of ionophores on grazed forage utilization and their economic value for cattle on wheat pasture. In: G.W. Horn, editor. *Proc. Nat. Wheat Pasture Symp.* Stillwater, OK: Oklahoma State University, pp. 343–355. MP-115. 1984.

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

HODGSON, J. *Grazing Management: Science into Practice*, Longman Scientific and Technical, New York, NY, USA, 1990. Sci. Tech. 1990.

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

JÚNIOR, G. L., ZANINE, A. M., BORGES, I., & PÉREZ, J. R. O. Qualidade da fibra para a dieta de ruminantes. *Ciência Animal*, 17(7). (2007).

KOZLOSKI, G. V. *Bioquímica dos ruminantes*. 3 ed. Santa Maria: ed. da USFM, 216p. 2016.

LIMEDE, A. C. et al. Effects of supplementation with narasin, salinomycin, or flavomycin on performance and ruminal fermentation characteristics of *Bos indicus* Nellore cattle fed with forage-based diets. *Journal of Animal Science*, v. 99, n. 4, p. skab005, 2021.

MCGUFFEY, R. K., L. F. RICHARDSON, AND J. I. D. WILKINSON. Ionophores for Dairy Cattle: Current Status and Future Outlook. *J. Dairy Sci.* 84:E194–E203. 2001.

MERTENS, D. R. Regulation of forage intake. *Bioenerg. Wild Herbiv.* 81–102. doi:10.1201/9781351070218. 1994.

MISZURA, A. A., D. M. POLIZEL, M. FERRAZ JR., J. BARROSO, L. GOBATO, A. MARTINS, G. OLIVEIRA, E. FERREIRA, A. PIRES. Effects of feed additives on rumen parameters of steers fed a high-forage diet. *J. Anim. Sci.* 96 (E-Suppl. 3):441. doi.org/10.1093/jas/sky404.964. 2018.

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

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

OWENS, F. N., BASALAN, M. Ruminal fermentation. In *Rumenology* (pp. 63-102). Springer, Cham. 2016.

POLIZEL, D. M. et al. Effect of narasin on rumen metabolism and dry matter intake in wethers fed high-forage diets. *Journal of Animal Science*, v. 94, p. 650-650, 2016.

POLIZEL, D. M., B. I. CAPPELLOZZA, F. HOE, C. N. LOPES, J. P. BARROSO, A. MISZURA, G. B. OLIVEIRA, L. GOBATO, AND A. V. PIRES. Effects of narasin supplementation on dry matter intake and rumen fermentation characteristics of

Bos Indicus steers fed a high-forage diet. *Transl. Anim. Sci.* 4:118–128. doi:10.1093/tas/txz164. 2020.

RUSSELL, J. B., AND H. J. STROBEL. Effect of Ionophores on ruminal fermentation. *Appl. Environ. Microbiol.* 55:1–6. doi:10.1128/aem.55.1.1-6.1989.

SILVA, R. G. et al. Effects of narasin in mineral mix to Nellore heifers fed with high forage. *J. Anim. Sci.*, v. 93, n. Suppl 3, p. 118, 2015.

SOARES FILHO, C. V., L. R. DE ANDRADE RODRIGUES, and S. H. VENTUROLI PERRI. Produção e valor nutritivo de dez gramíneas forrageiras na região Noroeste do Estado de São Paulo. *Acta Sci. Agron.* 24:1377. doi:10.4025/actasciagron.v24i0.2385. 2002.

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

VAN SOEST, P.J. *Nutritional Ecology of the Ruminant.* O & B Books, Inc., Corvallis, OR. 1982.

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

4. Experimento II: Uso de fontes comerciais de Monensina Sódica sobre a fermentação ruminal de bovinos de corte alimentados com alto teor de concentrado.

Hipótese

A MON-B será capaz de reduzir o consumo de matéria seca dos animais alimentados, em relação aos animais do tratamento controle. Ambas as fontes comerciais de monensina serão capazes de alterar as proporções molares dos ácidos graxos de cadeia curta e não influenciarão na digestibilidade dos nutrientes.

4.1 Objetivos

Avaliar os parâmetros fermentativos de bovinos de corte alimentados com diferentes marcas comerciais de monensina sódica, avaliando CMS, produção de ácidos graxos de cadeia curta, pH ruminal e digestibilidade aparente total.

4.2 Local do experimento e animais

O experimento foi realizado nas instalações do Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal pertencente ao Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP). Todos os procedimentos adotados na realização do estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética de Uso Animal (CEUA) da mesma instituição (Protocolo 1946311019).

Foram utilizados 30 bovinos da raça Nelore, machos castrados, com peso inicial de $360 \pm 29,1$ kg, providos de cânulas no saco dorsal do rúmen, alocados em baias individuais cobertas, com piso de concreto, providas de cocho e bebedouro

4.3 Delineamento e período experimental

O delineamento experimental foi de blocos completos casualizados com três tratamentos e dez repetições, definidos de acordo com o peso inicial dos animais. Os animais foram pesados antes do início do experimento após jejum de sólidos de 14 horas. O experimento teve duração de 42 dias, sendo dividido em período de adaptação de 21 dias e 21 dias de período final.

4.4 Tratamentos e manejo alimentar

A dieta experimental foi formulada utilizando o programa “Beef Cattle Nutrient Requirements Model 2016” – (BCNRM 2016). Foi utilizado o protocolo de adaptação step-up de 21 dias, com redução na inclusão de volumoso, sendo a dieta final composta por 8% de volumoso na MS e 92% de concentrado, a fonte de volumoso foi o bagaço de cana e os concentrados: caroço de algodão, casca de soja, milho moído, farelo de soja, ureia e suplemento mineral, descrita a inclusão dos ingredientes na tabela 4. Todos os animais receberam a mesma dieta, mudando apenas a inclusão ou não de monensina e a fonte comercial deste ionóforo. Os tratamentos experimentais foram: 1) **CONT**: dieta controle sem a inclusão de aditivos; 2) **MON-A**: dieta controle acrescida de 25 ppm de monensina (Bovensin 200, Phibro), e 3) **MON-B**: dieta controle acrescida de 25 ppm de monensina (Rumensin 200, Elanco Animal Health).

As amostras de oferta da dieta e sobra foram colhidas diariamente para realização da MS para ajuste de oferta, inclusão dos ionóforos e cálculo do consumo de MS. A tabela 4 demonstra a proporção dos ingredientes que compunham as dietas experimentais, e a tabela 5 demonstra a composição bromatológica da dieta.

Tabela 4. Proporção de ingredientes das dietas experimentais, em % da MS.

| Ingredientes | Dietas | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------|----------|
| | Adap. 1 | Adap. 2 | Adap. 3 | D. Final |
| Bagaço de Cana (%) | 23,00 | 18,00 | 13,00 | 8,00 |
| Milho moído (%) | 44,00 | 49,00 | 56,00 | 62,00 |
| Farelo de soja (%) | 5,00 | 5,00 | 3,00 | 2,00 |
| Ureia (%) | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Mistura mineral (%) | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |
| Caroço de algodão (%) | 10,00 | 10,00 | 10,00 | 10,00 |
| Casca de Soja (%) | 15,00 | 15,00 | 15,00 | 15,00 |
| *Monensina, ppm | 25,00 | 25,00 | 25,00 | 25,00 |

* A monensina foi adicionada apenas em dois tratamentos, sendo o T2 e o T3.

Tabela 5. Composição nutricional da dieta experimental final (8% de volumoso).

| D. Final (8% volumoso) | |
|------------------------|-------|
| Matéria seca (%) | 71,31 |
| Proteína Bruta (% MS) | 13,65 |
| Gordura (% MS) | 4,91 |
| Cinzas (% MS) | 4,70 |
| *NDT (% MS) | 78,23 |
| *CHO (% MS) | 78,55 |
| *CNF (% MS) | 51,60 |
| *Amido (% MS) | 45,24 |
| FDN (% MS) | 26,95 |
| *FDNpe (% MS) | 9,40 |

* Os valores foram obtidos através do programa (BCNRM 2016), contudo, os dados de bromatologia dos alimentos foram substituídos pelos observados no experimento.

4.5 Digestibilidade aparente dos nutrientes

As colheitas de fezes para determinação da digestibilidade aparente dos nutrientes foram realizadas entre os dias 36 e 40 do experimento. A produção total de fezes foi quantificada diariamente neste período e uma amostra (10% do total) foi armazenada a -18°C para análise química. As amostras de oferta e sobra de alimentos bem como de fezes colhidas durante o ensaio de digestibilidade foram analisadas no Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA) do Departamento de Zootecnia da ESALQ – USP.

As amostras foram descongeladas, secas em estufas de ventilação forçada a 55°C por 96 horas para determinação da MS 1. Posteriormente, as amostras foram processadas em moinho tipo Willey com peneiras com crivos de 1 mm. Realizou-se a determinação de matéria seca 2 (MS 2) por meio de secagem das amostras em estufa a 105° C por 24 horas e matéria mineral (MM) através da incineração das amostras em mufla a 550°C por 4 horas (AOAC, 1997). Para a determinação do nitrogênio total foi utilizado o aparelho LECO Tru Mac® /N (Nitrogen Determinator, version 1,5x, St. Joseph, EUA). A proteína bruta (PB) foi calculada pela multiplicação do nitrogênio total por 6,25. A determinação da fração fibrosa foi realizada de forma sequencial, utilizando alfa-amilase termoestável e sulfito de sódio para análise de fibra em detergente neutro (FDN) de acordo com metodologia proposta por Van Soest et al. (1991) e a fibra em detergente ácido (FDA) de acordo com Goering e Van Soest (1970), sendo utilizado o Analisador de Fibra Ankon 2000 (Ankon Tech. Corp., Macedon, NY, USA).

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi calculada a partir da seguinte fórmula:

$$\text{DATT}(\%) = \frac{(\text{MSC} \times \text{NMS}) - (\text{MSF} \times \text{NMF})}{(\text{MSC} \times \text{NMS})} \times 100$$

DATT = digestibilidade aparente trato total;

MSC = matéria seca consumida;

MSF = matéria seca fecal;

NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal;

NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida.

4.6 Parâmetros de fermentação ruminal

Nos dias 41 e 42 do experimento foram realizadas colheitas de fluido ruminal dos animais, nas horas: 0, 4, 8, 12, 16 e 20 em relação ao fornecimento da dieta. Imediatamente após a colheita, o conteúdo ruminal foi filtrado em tecido de nylon de 150 micras. Após isso, realizava-se a mensuração do pH ruminal, utilizando um potenciômetro digital (DIGIMED, Instrumentação Análítica).

Foram armazenadas amostras do fluido ruminal por animal, por hora de colheita, armazenado em três frascos plásticos a -18°C para posterior determinação de AGCC e nitrogênio amoniacal (N-NH₃).

Para a determinação de AGCC, 1,6 mL do fluido ruminal adicionado de 0,4 mL de solução 3:1 de metafosfórico 25% com ácido fórmico 98-100% e 0,2 mL de solução de ácido 2-etil-butírico 100 mM (padrão interno) foram centrifugados a 15.000 g, durante 15 minutos e a 4°C . Posteriormente, o extrato sobrenadante ($\pm 1,2$ mL) de cada amostra foi transferido para vials cromatográficos. Desse extrato foi injetado 1 μL em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7683B, Agilent Technologies) equipado com coluna capilar HP-FFAP (1909F-112; 25 m; 0,32 mm; 0,5 μm ; JeW Agilent Technologies). A injeção foi realizada de forma automática pelo sistema injetor. O gás de arraste utilizado foi o H₂, mantido em fluxo de 31,35 mL/min. A temperatura do injetor e detector foi de 260°C . O tempo total da análise cromatográfica foi de 16,5 minutos, dividido em três rampas de aquecimento: 80°C (1min), 120°C ($20^{\circ}\text{C}/\text{min}$; 3min) e 205°C ($10^{\circ}\text{C}/\text{min}$; 2 min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada com base em uma curva de calibração externa. A concentração de N-NH₃ foi determinada pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962), adaptado para leitor de microplaca (BIO – RAD, Hercules, CA), utilizando filtro para absorvância de 550 nm.

4.7 Análise estatística

Durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado como efeito significativo quando $P \leq 0,05$. Todos os dados foram analisados quanto à normalidade dos resíduos pelo teste de Shapiro Wilk, homogeneidade das

variâncias através do teste de Levene e retirada dos outliers com base no valor do *t* de student. O conjunto de dados que não respeitaram alguma das premissas estatísticas foram submetidos às transformações logarítmicas, inversa ou raiz quadrada.

Os dados foram analisados utilizando o Procedimento MIXED do SAS (SAS versão 9.0). Para todas as análises o animal foi considerado a unidade experimental e o subject foi definido como animal(tratamento). Para as variáveis de consumo e digestibilidade dos nutrientes, o modelo estatístico incluiu o efeito fixo de tratamento, sendo que o bloco foi considerado efeito aleatório. Para as variáveis analisadas como medidas repetidas no tempo, foi considerado o efeito fixo de tratamento, efeito fixo de hora de coleta e o efeito fixo da interação entre tratamento e hora. Bloco e animal foram incluídos como efeito aleatório. Para as variáveis analisadas como medidas repetidas no tempo, dez matrizes de covariância foram testadas e utilizada a matriz que apresentou o menor valor obtido para “Akaike Information Criterion Correted” (AICC). As médias dos tratamentos foram obtidas pelo comando LSMEANS. Quando observado efeito de tratamento para o modelo proposto, os dados foram submetidos ao teste de Tukey (5%).

4.8 Resultados

As tabelas 6 e 7 apresentam os resultados obtidos do estudo, de consumo, digestibilidade dos nutrientes e parâmetros de fermentação ruminal de novilhos Nelore suplementados com diferentes fontes comerciais de monensina sódica.

Os dados de consumo e digestibilidade dos nutrientes estão apresentados na Tabela 6. O tratamento MON-B reduziu o CMS ($P = 0,04$) e o consumo dos nutrientes ($P \leq 0,05$) em relação ao CONT. Por outro lado, o tratamento MON-A apresentou valores intermediários. Não houve efeito de tratamento para a digestibilidade dos nutrientes ($P > 0,05$).

Os dados de fermentação ruminal estão apresentados na Tabela 7. Não houve interação entre tratamento e hora de coleta para nenhuma das variáveis

analisadas. O tratamento MON-B aumentou a proporção molar de propiônico ($P = 0,04$) e reduziu a proporção molar de acético ($P = 0,04$), a relação Ac:Prop ($P = 0,04$) e AcBut:Prop ($P = 0,02$) quando comparado ao CONT, enquanto que o tratamento MON-A apresentou valores intermediários entre os outros tratamentos. Observou-se também efeito sobre o N-amoniaco, o tratamento MON-B reduziu a concentração de amônia ruminal ($P=0,002$) em comparação aos demais tratamentos. Não houve efeito de tratamento para as demais variáveis avaliadas.

Tabela 6. Consumo e digestibilidade de nutrientes em novilhos Nelore alimentados com alto teor de concentrado suplementados com diferentes tipos de monensina

| Item | Dieta ¹ | | | EPM | Valor de P |
|-----------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------|------------|
| | CONT | MON-A | MON-B | | |
| Consumo, kg/d | | | | | |
| MS | 12.26 ^a | 11.43 ^{ab} | 10.87 ^b | 0.42 | 0.0421 |
| MO | 11.75 ^a | 11.00 ^{ab} | 10.46 ^b | 0.41 | 0.0502 |
| FDN | 3.41 ^a | 3.18 ^{ab} | 3.03 ^b | 0.12 | 0.0408 |
| FDA | 1.95 ^a | 1.82 ^{ab} | 1.73 ^b | 0.07 | 0.0409 |
| PB | 1.42 ^a | 1.31 ^{ab} | 1.35 ^b | 0.05 | 0.0321 |
| ELg ² | 15.94 ^a | 14.86 ^{ab} | 14.13 ^b | 0.58 | 0.0421 |
| NDT ² | 9.59 ^a | 8.94 ^{ab} | 8.50 ^b | 0.35 | 0.0425 |
| Digestibilidade, g/kg | | | | | |
| MS | 742.1 | 750.0 | 767.1 | 10.42 | 0.1742 |
| MO | 757.7 | 765.1 | 781.7 | 10.04 | 0.1707 |
| FDN | 648.7 | 672.5 | 677.1 | 19.72 | 0.4175 |
| FDA | 634.0 | 657.7 | 663.2 | 19.11 | 0.3993 |
| PB | 658.6 | 687.1 | 693.0 | 12.87 | 0.0860 |

¹ CONT = dieta controle, sem a inclusão de aditivos; MON-A = dieta controle acrescida de 25 ppm de monensina (Bovensin 200, Phibro); MON-B = dieta controle acrescida de 25 ppm de monensina (Rumensin 200, Elanco Animal Health)

² Os valores de ELg e NDT foram obtidos através do programa (BCNRM 2016), contudo, os dados de bromatologia dos alimentos foram substituídos pelos observados no experimento.

Tabela 7. Parâmetros ruminiais de Novilhos Nelore alimentados com dietas contendo diferentes tipos de monensina.

| Item | Dieta ¹ | | | EPM | Valor de P ² | | |
|---------------|--------------------|---------------------|--------------------|------|-------------------------|---------|--------|
| | CONT | MON-A | MON-B | | Trat | Hora | T × H |
| AGV, mM/100mM | | | | | | | |
| Acetato | 62,96 ^a | 58,51 ^{ab} | 56,76 ^b | 1,63 | 0,0346 | <0,0001 | 0,6346 |
| Propionato | 21,30 ^b | 25,47 ^{ab} | 27,27 ^a | 1,54 | 0,0319 | <0,0001 | 0,1219 |
| Isobutirato | 0,74 | 0,65 | 0,73 | 0,03 | 0,1005 | <0,0001 | 0,0792 |
| Butirato | 11,63 | 12,01 | 11,90 | 0,63 | 0,8896 | <0,0001 | 0,6913 |
| Isovalerato | 2,28 | 2,11 | 2,19 | 0,25 | 0,8590 | <0,0001 | 0,2784 |
| Valerato | 1,09 | 1,15 | 1,11 | 0,10 | 0,9150 | <0,0001 | 0,6668 |
| Total, mM | 110,73 | 107,40 | 109,55 | 6,54 | 0,9392 | <0,0001 | 0,6121 |
| C2:C3 | 3,12 ^a | 2,41 ^{ab} | 2,28 ^b | 0,25 | 0,0364 | <0,0001 | 0,2855 |
| (C2+C4)/C3 | 3,74 ^a | 2,89 ^{ab} | 2,71 ^b | 0,30 | 0,0176 | <0,0001 | 0,2609 |
| pH | 5,99 | 5,92 | 5,91 | 0,07 | 0,6612 | <0,0001 | 0,4173 |
| Amonia, | 13,34 ^a | 12,05 ^a | 10,00 ^b | 0,59 | 0,0027 | <0,0001 | 0,4385 |
| mg/dL | | | | | | | |

¹ CONT = dieta controle, sem a inclusão de aditivos; MON-A = dieta controle acrescida de 25 ppm de monensina (Bovensin 200, Phibro); MON-B = dieta controle acrescida de 25 ppm de monensina (Rumensin 200, Elanco Animal Health)

² Trat = efeito de tratamento; Hora = efeito de hora de coleta; T × H = interação entre tratamento e hora de coleta.

4.9 Discussão

De maneira geral a literatura demonstra que a inclusão ionóforos tendem a alterar o consumo de matéria seca dos animais, em especial o uso de monensina sódica. De acordo com González et al., (2012) a inclusão de ionóforos deprime o consumo quando os animais são alimentados com dietas ricas em carboidrato não fibroso (CNF). Segundo Tedeschi (2003) a monensina pode ser capaz de reduzir o consumo de matéria seca entre 6 a 10%, dependendo da dosagem utilizada. Valores similares aos encontrados no presente estudo, em que a inclusão de monensina reduziu 6,76% e 11,3% para os tratamentos MON-A e MON-B, respectivamente, em relação ao grupo controle. Em meta-análise realizada por Duffield (2015) relata também que a inclusão de monensina foi capaz de reduzir o consumo de matéria seca em 0,30kg/dia.

Em uma revisão Goodrich (1984) descreve a influência da monensina sobre o desempenho de bovinos, o autor relata que a inclusão de monensina reduz em média 6,4% o consumo da dieta e também melhora a eficiência alimentar, onde exigiram 7,5% menos quantidade de comida para 100 kg de ganho.

Em estudo semelhante comparando fontes comerciais de monensina para bovinos de corte constatou que a inclusão de monensina reduziu o consumo de matéria seca (TEIXEIRA et al., 2019). No presente estudo, como foi observada a redução do consumo de matéria seca, conseqüentemente reduziu-se também o consumo dos nutrientes avaliados, como consumo de MO, FDN, FDA, PB, ELg e NDT.

O consumo de matéria seca em animais confinados, que recebem uma dieta mais densa do ponto de vista energético, é geralmente regulada por fatores químicos, onde se tem um menor teor de FDN na dieta, que não é capaz de preencher todo a cavidade ruminal, assim como em dietas volumosas, ricas em fibra, que são capazes de limitar fisicamente o consumo voluntário dos animais. De acordo com Silva (2011) a saciedade nesse caso é o reflexo de um ou mais metabólitos que são destinados a corrente sanguínea em uma taxa maior que

podem ser removidos resultando em um feedback negativo para o consumo de alimentos.

O ponto que é interessante chegar é que, além de reduzir o consumo de matéria seca a inclusão de monensina na dieta mantém os ganhos, melhorando a eficiência alimentar, discutida por outros autores. Esse fato é discutido por Goodrich (1984) em sua revisão, descrevendo que a inclusão de monensina melhora a relação de energia metabolizável da dieta, melhorando assim a relação dieta/ganho, desta forma o animal consegue comer menor quantidade de alimento e manter o ganho.

Para as variáveis de digestibilidade dos nutrientes assim como outros autores, não se observou efeito para inclusão de monensina (DINIUS, 1976; DESWYSEN, 1988). No entanto para dietas com elevado teor de volumoso, Faulkner (1985) relata efeito quadrático para as dosagens de monensina e digestibilidade do FDN. E Goodrich (1984) sugere em sua revisão que a monensina tenha melhorado a digestibilidade da MS. Dados não observados no presente estudo.

O objetivo geral deste estudo foi avaliar além dos efeitos do consumo, causados pela inclusão da monensina, foi avaliar se as diferentes fontes da molécula agiriam da mesma do ponto de vista de fermentação ruminal. De um modo geral a inclusão de ionóforos na dieta dos animais alteram a proporção molar dos AGCC. O efeito é caracterizado pela inibição das bactérias Gram-positivas, que são as principais produtoras de acetato, butirato, amônia e hidrogênio, enquanto que as bactérias Gram-negativas são resistentes a esses aditivos, que são os principais microrganismos responsáveis pela produção de propionato e utilização do lactato (RUSSELL E STROBEL 1989). Os resultados obtidos no presente estudo demonstram esses efeitos, com o aumento na proporção molar de propionato e redução na proporção de acetato, reduzindo também as relações entre eles.

Em estudo comparando duas fontes comerciais de monensina sódica (Rumensin 200 - A e Shandong Qilu - B) e seus efeitos na fermentação in vitro, utilizando dosagem de 20mg/Kg MS, observaram que a monensina A alterou as proporções molares dos ácidos graxos de cadeia curta, acetato ($P=0,05$),

propionato ($P < 0,01$) butirato ($P = 0,05$) e na razão Ac:Pr ($P < 0,001$), enquanto não foram observadas diferenças entre o tratamento controle e a monensina B e ambos os produtos resultaram em uma razão Ac:Pr reduzida (TEIXEIRA et al., 2019).

O aumento da proporção de propionato é um fator benéfico da inclusão da monensina na fermentação ruminal, visto que o propionato é um substrato para gliconeogênese, é a principal fonte de glicose para o ruminante e ainda serve como dreno de H^+ dentro do rúmen, enquanto que o acetato e butirato não são gliconeogênicos e ainda produzem H^+ dentro do rúmen (Bell et al., 2017). De uma forma mais clara, o butirato e acetato acumulam H^+ dentro do rúmen, e o propionato serve como um dreno de H^+ , que do ponto de vista de fermentação é excelente, visto que o H^+ livre serviria para bactérias metanogênicas produzirem metano (WOLIN, 1960).

Essa redução da produção de H^+ além de manter um ambiente menos ácido, reduz a produção de metano que do ponto de vista de fermentação ruminal é benéfico, sabendo que o metano possui dois efeitos principais no rúmen, remover os íons de H^+ do meio, evitando a redução do pH e danos ao crescimento de bactérias celulolíticas; e o segundo perda de energia para o ruminante, que pode representar até 12% da energia bruta consumida pelo animal (JOHNSON E JOHNSON, 1995). A alimentação com monensina resulta em aumento das concentrações de propionato e redução das concentrações de acetato ruminal, além de reduzir consequentemente a produção de metano (GOODRICH et al., 1984; JOYNER et al., 1979; THORNTON e OWENS, 1981).

De acordo com González et al., (2012) essa alteração da proporção molar dos ácidos graxos de cadeia curta ainda afetará o consumo de alimentos, as alterações causadas na microbiota ruminal acarreta em aumento da produção de propionato e alterações no mecanismo de saciedade, que resulta em uma menor quantidade de alimento ingerido pelos animais e aumento da frequência das refeições. Essa parcela de refeições ainda auxilia para regular a ingestão.

Ainda sobre os resultados dos parâmetros de fermentação ruminal, foi observado efeito do tratamento para redução de amônia ruminal, o tratamento MON-B apresentou menores valores. Esse resultado pode ser explicado pela

função já bem definida da monensina (Rumensin), a sua inclusão modifica o metabolismo do nitrogênio a nível ruminal, reduzindo a deaminação da proteína no rúmen, aumentando fluxo de proteína para o duodeno, que pode ser metabolizado (MORAIS et al., 2011).

Thornton et al., (1976) relata que com a inclusão de monensina nas dietas os níveis de amônia ruminal tendem a ser mais baixos, indicando proteólise ruminal diminuída e uma alteração do local de digestão das proteínas, com maior influxo para o intestino. Reduzindo assim as perdas de proteínas e aminoácidos que seriam potencialmente fermentados em nível ruminal para produção de amônia (RUSSELL e STROBEL, 1989).

Essa redução da degradação da proteína a nível ruminal auxilia a explicação do melhor desempenho dos animais alimentados com dietas que possuam monensina, já que este ionóforo realiza seleção de microrganismos, reduzindo assim a população de bactérias com alta capacidade de fermentação de aminoácidos (RUSSELL, STROBEL e CHEN, 1988; CHEN e RUSSELL, 1989).

5. Conclusões

Exp1: A inclusão de 13 mg/kg MS em dietas com elevado teor de volumoso foi capaz de alterar os parâmetros de fermentação ruminal, como aumento da proporção molar do propionato e redução da razão Ac:Pr. E a inclusão de narasina em dietas volumosas não afeta a digestibilidade dos nutrientes.

Para o fator qualidade do volumoso, volumoso de Baixa PB (8,08%) reduz o consumo de matéria seca e a digestibilidade dos nutrientes, principalmente a digestibilidade da proteína.

Exp2: A monensina B (Rumensin) na inclusão de 25 mg/kg MS em dieta com elevado teor de concentrado reduz o consumo de matéria seca e altera proporções molares dos ácidos propiônico, acetato e a razão entre Ac:Pr em relação ao tratamento controle. A monensina A (Bovensin) não altera a concentração de amônia ruminal, semelhante ao controle. A redução da concentração de amônia ruminal foi realizado somente pela monensina B (Rumensin). Ambos produtos não influenciaram na digestibilidade dos nutrientes.

6. Referências

BELL, N. L., ANDERSON, R. C., CALLAWAY, T. R., FRANCO, M. O., SAWYER, J. E., & WICKERSHAM, T. A. Effect of monensin inclusion on intake, digestion, and ruminal fermentation parameters by *Bos taurus indicus* and *Bos taurus taurus* steers consuming bermudagrass hay. *Journal of animal science*, 95(6), 2736-2746. 2017.

BURRIN, D.; BRITTON, R. Response to monensin in cattle during subacute acidosis. *Journal of Animal Science*, v. 63, p.888-893, 1986.

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

CEZAR, I. M.; QUEIROZ, H. P.; THIAGO, L. R. L. S.; CASSALES, F. L. G.; COSTA, F. P. Sistemas de produção de gado de corte no Brasil: uma descrição com ênfase no regime alimentar e no abate. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte. 40 p. 2005.

CHEN, M.; RUSSEL, J. B. More monensin-sensitive, ammonia producing-bacteria from the rumen. *Application. Environment. Microbiology*, v.55, p. 1052-1065, 1989.

CHENG, K. J. et al. A review of bloat in feedlot cattle. *Journal Animal Science*, v. 76, p. 299-308, 1998.

COOPRIDER, K.L; MITLOEHNER, F.M.; FAMULA, T.R.; KEBREAB, E.; ZHAO, Y.; Van EENENNAAM, A.L. Feedlot efficiency implications on greenhouse gas emissions and sustainability. *Journal of Animal Science*, Albany, v. 89, p. 2643-2656, 2011.

COSTA, K. A. P.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I. P.; CUSTODIO, D. P.; SILVA, D. C. Efeito da estacionalidade na produção de matéria seca e composição bromatológica da *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. *Ciência Animal Brasileira* v. 6, n. 3, p. 187-193, jul./set. 2005.

DESWYSEN, A. G.; ELLIS, W. C. Site and extent of neutral detergent fiber digestion, efficiency of ruminal digesta flux and fecal output as related to variations in voluntary intake and chewing behavior in heifers. *Journal of Animal Science*, v. 66, n. 10, p. 2678-2686, 1988.

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

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

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

FIRKINS JL, YU Z, MORRISON M. Ruminal nitrogen metabolism: perspectives for integration of microbiology and nutrition for dairy. *J Dairy Sci.*90:E1–16.. 2007;

FREITAS, Eduardo de. "Clima brasileiro"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/clima-brasileiro.htm>. Acesso em 25 de outubro de 2019.

GOBATO, L. G. M.; SILVA, R. G.; MISZURA, A. A.; POLIZEL, D.M.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; OLIVEIRA, G. B.; BERTOLONI, A. V.; BARROSO, J. P. R.; PIRES, A. V. Effects of narasin addition in mineral mixture on gain and intake of feedlot Nellore heifers (abstract). *Journal of Animal Science*, v.95, supplement 4, p.266. 2017.

GOODRICH, R.D., GARRETT, J.E., GAST, D.R. et al. Influence of monensin on the performance of cattle. *Journal of Animal Science*, 58(6):1484-1498, 1984.

GONZÁLEZ, L.A.; MANTECA, X.; CALSAMIGLIA, S.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K.S.; FERRET, A. Ruminal acidosis in feedlot cattle: interplay between feed ingredients, rumen function and feeding behavior (a review). *Animal Feed Science and Technology*, v.172, p.66-79, 2012.

JOHNSON, K. A., AND D. E. JOHNSON. Methane emissions from cattle. *J. Anim. Sci.* 73:2483-2492. 1995.

JOYNER, A. E., JR., L. J. BROWN, T. J. FOGG AND R. T. ROSSI. Effect of monensin on growth, feed efficiency and energy metabolism of lambs. 1979.

LIMEDE, A. C. Effects flavomycin, narasin and salinomycin on ruminal fermentation of Nellore steers fed high forage diet. *J. Anim. Sci.* 2019a.

LIMEDE, A. C. Use of flavomycin, narasin e salinomycin on performance of Nellore yearling bulls fed with high forage diets. *J. Anim. Sci.* 2019b.

MCALLISTER TA, BAE HD, JONES GA, CHENG KJ. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. *J Anim Sci.* 1996;72:3004–18.

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

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

MORAIS, J. A. S.; BERCHIELLI, T. T.; REIS, R. A. Aditivos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de ruminantes. 2. ed. Jaboticabal: Funep, cap. 18, p. 565-591. 2011.

MISZURA, A. A. Effects of feed additives on performance of yearling bulls fed high forage diet. J. Anim. Sci. 2019.

NAGARAJA, T.G; LECHTENBERG, K. F. Acidosis in feedlot cattle. Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, v.23, p.333-350, 2007.

NAGARAJA, T. G.; NEWBOLD, C. J.; VAN NEVEL, C. J.; DEMEYER D. I. Manipulation of ruminal fermentation. In: Hobson, P. N.; Stewart, C. S. (Ed.). The rumen microbial ecosystem. London: Blackie Academic & Professional, p. 523–632. 1997.

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

OLIVEIRA, G. B. Effects of narasin supplementation frequency on lamb ruminal fermentation. J. Anim. Sci. 2019.

OWENS, F. D.; BASALAN M. Ruminal fermentation. In: MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. B.; PACHECO, R. D. L. Rumenology. Suíça: Springer, p. 63-102, 2016.

OWENS, F. N.; SECRIST, D.S.; HILL, W.J. et al. Acidosis in cattle: A review. J. Anim. Sci. 76:275–286, 1998.

PINTO, Ana CJ; MILLEN, Danilo D. Nutritional recommendations and management practices adopted by feedlot cattle nutritionists: the 2016 Brazilian survey. Canadian Journal of Animal Science, v. 99, n. 2, p. 392-407, 2018.

POLIZEL, Daniel Montanher et al. Narasin inclusion for feedlot lambs fed a diet containing high amounts of ground flint corn. Scientia Agricola, v. 78, n. 6, 2021.

POLIZEL, D. M. Effects of narasin on rumen parameters os steers fed a high-forage diet. J. Anim. Sci. 2018.

POLIZEL, D. M. Narasin improves performance of grazing Nellore yearling bulls. J. Anim. Sci. (Abstract). 2018.

PRADHAN, P.; FISCHER, G.; VAN VELTHUIZEN, H.; REUSSER, D.E.; KROPP, J.P. Closing yield gaps: How sustainable can we be? PLoS One 10(6):e0129487, 2015.

RODRIGUES, P. H. M; Control and Manipulation of Ruminal Fermentation. In: MILLEN, D. D.; ARRIGONI, M. B.; PACHECO, R. D. L. Rumenology. Suíça: Springer, p. 63-102, 2016.

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

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

SARDINHA, L. A. Levels of forage and narasin inclusion on rumen fermentation in feedlot lambs. *J. Anim. Sci.* 2019.

SILVA, J. F. C. Mecanismos reguladores de consumo. In: Berchielli, T. T., Pires, A. V., Oliveira, S. G. *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep. Cap.3. 61:82. 2011.

SILVA, R.G.; FERRAZ JUNIOR, M.V.C.; GOUVEA, V.N.; Gra, D.P.; SANTOS, M. H.; MISZURA, A.A.; ANDRADE, T.S.; WESTPHALEN, M.F.; BIEHL, M.V.; PIRES, A.V. Effect of narasin in mineral mix to Nellore heifers fed with high forage (Abstract). *Journal of Animal Science*, E-Suppl. s3 v.98, p-118, 2015.

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

TEIXEIRA, Daniel AA et al. Effects of monensin source on *in vitro* rumen fermentation characteristics and performance of *Bos indicus* beef bulls offered a high-concentrate diet. *Translational Animal Science*, 2019.

THORNTON, J. H.; OWENS, F. N. Monensin supplementation and *in vivo* methane production by steers. *Journal of Animal Science*, v.52, p. 625-628, 1981.

VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S. Fermentação Ruminal. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. *Nutrição de ruminantes*. 2. ed. Jaboticabal: Funep, p. 161-191, 2011.

VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S. Fermentação ruminal. In: BERCHIELLI, T.T.; PIRES, A.V.; OLIVEIRA, S.G. (Ed.). *Nutrição de ruminantes*. Jaboticabal: Funep, p.151-179. 2006.

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

WOLIN, M. J. A theoretical rumen fermentation balance. *J. Dairy Sci.* 43:1452-1459. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(60)90348-9. 1960.