

NATASHA BEDRESKKE PETRENKO

Desempenho, parâmetros ruminais e digestibilidade aparente em bovinos de corte recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado

Pirassununga

2024

NATASHA BEDRESKDKE PETRENKO

Desempenho, parâmetros ruminais e digestibilidade aparente em bovinos de corte recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado

VERSÃO CORRIGIDA

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

Departamento:

Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Alexandre Vaz Pires

São Paulo

2024

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

Catálogo na Publicação

Biblioteca Virgínia Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da
Universidade de São Paulo

Ficha catalográfica gerada automaticamente com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Petrenko, Natasha Bedresdke

Desempenho, parâmetros ruminais e digestibilidade aparente em bovinos de corte recebendo naranjina em dieta com alto teor de concentrado / Natasha Bedresdke Petrenko ; orientador Alexandre Vaz Pires - versão corrigida.-- Pirassununga, 2024.

69 f. : il.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal - Departamento de Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, 2024.

1. Concentrado. 2. Ionóforo. 3. Naranjina. 4. Terminação. I. Título.

Bibliotecária responsável pela estrutura de catalogação
na publicação: Maria Aparecida Laet - CRB 5673-8.



Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo

Comissão de Ética no Uso de Animais

São Paulo, 7th March 2024

CERTIFIED

We certify that the proposal entitled: "*Performance of feedlot cattle receiving increasing doses of Narasin in the diet, containing mainly concentrate*", protocol number CEUax 5914140223 (ID 002758), under the responsibility Alexandre Vaz Pires, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee in the Use of Animals of School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo), and was approved in the meeting of day December 06, 2023.

Certificamos que a proposta intitulada: "*Desempenho de bovinos confinados recebendo doses crescentes de Narasina na dieta, contendo principalmente concentrado*", protocolado sob o CEUax nº 5914140223, sob a responsabilidade de Alexandre Vaz Pires, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo, e foi aprovado na reunião de 06 de dezembro de 2023.

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

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



*Comissão de Ética no
Uso de Animais*

São Paulo, 7th March 2024

CERTIFIED

We certify that the proposal entitled: "*Ruminal parameters and apparent digestibility of beef cattle receiving increasing doses of Narasin in the diet, containing mostly concentrated*", protocol number CEUAX 3683260224 (ID 002778), under the responsibility Alexandre Vaz Pires, agree with Ethical Principles in Animal Research adopted by Ethic Committee in the Use of Animals of School of Veterinary Medicine and Animal Science (University of São Paulo), and was approved in the meeting of day March 07, 2024.

Certificamos que a proposta intitulada: "*Parâmetros ruminais e digestibilidade aparente de bovinos de corte recebendo doses crescentes de Narasina na dieta, contendo principalmente concentrado*", protocolado sob o CEUAX nº 3683260224, sob a responsabilidade de Alexandre Vaz Pires, está de acordo com os princípios éticos de experimentação animal da Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia Universidade de São Paulo, e foi aprovado na reunião de 07 de março de 2024.

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

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

FOLHA DE AVALIAÇÃO

Autor: PETRENKO, Natasha Bedresdke

Título: **Desempenho, parâmetros ruminais e digestibilidade aparente em bovinos de corte recebendo narsina em dieta com alto teor de concentrado**

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

Data: ____ / ____ / ____

Banca examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Aos meus pais **Eliseu Gladk Petrenko** e **Nadir de Campos Petrenko** que com **Fé** sempre me apoiaram e me incentivaram a dar o meu melhor e ir atrás dos meus sonhos.

Ao meu irmão **Arthur Bedresdke Petrenko** que me traz alegria e confiança para continuar sendo merecedora da sua admiração.

Não existem palavras que expressam o quanto sou feliz e grata a **Deus** por ser filha de vocês e por ter vocês em minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A Deus por permitir que eu realize mais este sonho em minha vida e, por me manter forte diante de todos os desafios.

Aos meus pais, Eliseu Gladk Petrenko e Nadir de Campos Gladk Petrenko que mesmo tão distante me apoiaram de forma imensurável e acreditaram em mim até mesmo quando eu não acreditei.

Ao meu irmão Arthur Bedresdke Petrenko que é o meu melhor amigo e me faz querer ser melhor a cada dia.

A Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT-Sinop) e a todos os professores do campus que contribuíram não só para minha formação profissional mas também pessoal. Ao curso de Zootecnia por ter me permitido encontrar a minha maior paixão e vocação.

A Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ/USP), em especial ao Departamento de Nutrição e Produção Animal (VNP) que permitiu que eu realizasse mais essa conquista.

A Escola Estadual de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), em especial ao Departamento de Zootecnia, incluindo todos os funcionários e alunos que tive o prazer de conhecer e que fizeram parte importante da minha vida durante esses dois anos.

Ao meu orientador Alexandre Vaz Pires, que acreditou em mim e tornou possível essa etapa tão importante na minha vida, obrigada por toda ajuda e ensinamentos que o senhor me proporcionou nesse tempo. Não há palavras que possam descrever o quanto sou grata.

Ao professor Evandro Maia Ferreira (ESALQ/USP) por toda a paciência e ensinamentos passados nestes anos.

Ao professor Rodrigo Goulart (FMVZ/USP) que apesar de não estar presente diariamente tive o imenso prazer de conhecer e aprender com ele.

A professora Ivanete Suzin (ESALQ/USP) por toda ajuda pessoal e profissional ao longo desses anos.

Ao professor Marcos Vinicius Ferraz Junior (UFAM) que mesmo de longe não hesitou em me ajudar, sempre com muita paciência e atenção.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado que me auxiliou muito a concluir mais esta etapa.

A todos os professores que contribuíram para a minha formação durante estes dois anos, em especial ao professores Daniel Montanher Polizel, Carla Maris Bittar e Roberto Sartori.

A todos os grandes amigos que fiz no Laboratório de Nutrição e Reprodução Animal (LNRA/ESALQ): Mariana Jeronymo, Gustavo Mandonça, Bismarck Alexandrino, João Felipe, Marcelo Baggio, José Paulo Barroso, Gabriela Bagio, Camila Fagionato, Pedro.

A todos os estagiários que passaram pelo LNRA: Joel, Naiara, João Pedro, Matheus, Igor, Maju, Lucas Zoldan, Marcos, Maria Clara, Tais, Daniel, Larissa, Isadora, Carol, Lucas, Isabella e muitos outros, obrigada por toda a ajuda.

Aos meus amigos do CPZ, LRA, SIPOC, NUTRIBOV e LNCA por sempre estarem dispostos a nos ajudar e por dividirem tantos bons momentos durante estes dois anos.

Aos funcionários do departamento, principalmente ao Danilo Alves, Luciana Castelar, Renan Felipe, seu Marcos Polizel, seu Roberto Gonçalves, Joseval Mandro e Adilson Rosa (Zika) por toda a ajuda.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma fizeram parte dessa etapa da minha vida e me ajudaram durante todo esse período.

Muito obrigada.

Epígrafe

*O anjo do Senhor acampa-se ao redor dos que o
temem, e os livra.*

Salmos 34:7

RESUMO

PETRENKO, N. B. **Desempenho, parâmetros ruminais e digestibilidade aparente em bovinos de corte recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado.** Dissertação (Mestrado em Ciências). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2024.

A narasina é amplamente empregada como aditivo em sistemas a pasto, apresentando resultados positivos em termos de CMS e desempenho animal. Entretanto, a escassez de estudos sobre a aplicação dessa molécula em sistemas confinados, especialmente em dietas com elevado teor de concentrado, torna indefinida a melhor relação dose-resposta desse aditivo para bovinos nesse sistema de produção. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram avaliar a melhor dose-resposta da narasina sobre o desempenho, consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes e parâmetros de fermentação ruminal de bovinos de corte alimentados com uma dieta contendo alto teor de concentrado. Foram avaliados 4 tratamentos, sendo CON: controle negativo, sem inclusão de aditivos alimentares, N10: 10 mg/Kg de MS de narasina, N20: 20 mg/Kg de MS de narasina e N30: 30 mg/Kg de MS de narasina. A dieta era composta por bagaço de cana *in natura*, milho moído, polpa cítrica peletizada, grãos de destilaria de milho (DDG), mix mineral e ureia. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.3 e foi adotado efeito significativo quando $P \leq 0,05$. **Experimento I:** Experimento de desempenho em confinamento onde foram utilizados 76 novilhos F1 Angus x Nelore (*Bos taurus indicus*), machos, não castrados com idade de 10 ± 1 meses e peso corporal médio de $250 \pm 1,70$ Kg. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados (N 19). Não houve efeito de tratamento para as variáveis peso inicial ($P > 0,41$), peso final ($P > 0,92$), consumo de matéria seca ($P > 0,69$), ganho médio diário ($P > 0,79$) e eficiência alimentar ($P > 0,66$), porém, houve interação ($P < 0,05$) entre tratamento e período para CMS no primeiro e terceiro período experimental. **Experimento II:** Experimento de metabolismo onde foram utilizados 28 bovinos Nelore (*Bos indicus*), machos não castrados com idade de 20 ± 1 meses e peso corporal médio de $468 \pm 12,76$ kg. Os animais foram pesados ao início do experimento e o delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados (N 7). O experimento teve duração de 28 dias, composto por 21 dias de adaptação às dietas

experimentais e 5 dias para a coleta de dados. Não houve efeitos de tratamento para consumo de nutrientes e digestibilidade aparente dos nutrientes ($P > 0,05$). Não houve efeito de tratamento ou interação para a produção de acetato, propionato, butirato, produção total de AGCC, pH ruminal e N-NH₃ ($P > 0,05$). Todas as variáveis ligadas aos parâmetros ruminais sofreram influência da hora de colheita ($P < 0,0001$). Com base nos resultados obtidos podemos concluir que a narasina não influenciou nos parâmetros de desempenho e metabolismo de bovinos de corte recebendo dieta com alto teor de concentrado.

Palavras-chave: Concentrado. Ionóforo. Narasina. Terminação.

ABSTRACT

PETRENKO, N. B. **Performance, ruminal parameters, and apparent digestibility in beef cattle receiving narasin in a high-concentrate diet.** Dissertation (Master's in Sciences). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2024.

Narasin is widely employed as an additive in pasture-based systems, showing positive results in terms of dry matter intake (DMI) and animal performance. However, the scarcity of studies on the application of this molecule in confined systems, especially in diets with a high concentrate content, makes the optimal dose-response relationship of this additive for cattle in this production system undefined. Thus, the objectives of this study were to evaluate the best dose response of narasin on the performance, apparent nutrient digestibility, and ruminal fermentation parameters of beef cattle fed a high-concentrate diet. Four treatments were evaluated: CON (negative control, without the inclusion of feed additives), N10 (10 mg/kg of DM of narasin), N20 (20 mg/kg of DM of narasin), and N30 (30 mg/kg of DM of narasin). The diet consisted of fresh sugarcane bagasse, ground corn, pelleted citrus pulp, corn distillers' grains (DDG), mineral mix, and urea. Statistical analyses were performed using the MIXED procedure of SAS 9.3, and a significant effect was considered when $P \leq 0.05$.

Experiment I: Performance experiment in a feedlot where 76 F1 Angus x Nelore steers (*Bos taurus indicus*), non-castrated males, with an age of 10 ± 1 months and an average body weight of 250 ± 1.70 kg were used. The experimental design was a randomized complete block design (N 19). There was no treatment effect for the variables initial weight ($P > 0.41$), final weight ($P > 0.92$), dry matter intake ($P > 0.69$), average daily gain ($P > 0.79$), and feed efficiency ($P > 0.66$). However, there was an interaction ($P < 0.05$) between treatment and period for DMI in the first and third experimental periods.

Experiment II: Metabolism experiment where 28 non-castrated Nelore cattle (*Bos indicus*), with an age of 20 ± 1 months and an average body weight of 468 ± 12.76 kg, were used. The animals were weighed at the beginning of the experiment, and the experimental design was a randomized complete block design (N 7). The experiment lasted for 28 days, including 21 days of adaptation to the experimental diets and 5 days for data collection. There were no treatment effects on nutrient intake and apparent nutrient digestibility ($P > 0.05$). There was no treatment or interaction effect on acetate,

propionate, butyrate, total volatile fatty acid production, ruminal pH, and N-NH₃ production ($P > 0.05$). All variables related to ruminal parameters were influenced by the harvest time ($P < 0.0001$). Based on the results obtained, we can conclude that narasin did not influence the performance and metabolism parameters of beef cattle receiving a high-concentrate diet.

Keywords: Concentrate. Ionophore. Narasin. Finishing.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-** Consumo de matéria seca durante o período experimental de novilhos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) recebendo as dietas experimentais.42
- Figura 2-** Ganho médio diário durante o período experimental de novilhos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) recebendo as dietas experimentais.44
- Figura 3-** Eficiência alimentar durante o período experimental de novilhos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) recebendo as dietas experimentais.45
- Figura 4-** Produção total de ácidos graxos de cadeia curta durante os horários de colheita em bovinos Nelore (*Bos indicus*) recebendo as dietas experimentais.62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Proporção dos ingredientes na dieta experimental.	37
Tabela 2- Composição química dos ingredientes e da dieta experimental.	39
Tabela 3- Características de desempenho de novilhos F1 Angus X Nelore (<i>Bos taurus indicus</i>) recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado.	40
Tabela 4- Consumo de matéria seca ao longo do período experimental de novilhos F1 Angus X Nelore (<i>Bos taurus indicus</i>) recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado.....	41
Tabela 5- Composição química dos ingredientes e da dieta experimental.	55
Tabela 6- Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes em bovinos Nelore (<i>Bos indicus</i>) recebendo narasina em dieta contendo alto teor de concentrado.	59
Tabela 7- Concentração molar dos AGCC, relação acetato:propionato, total de AGCC, pH e N-NH ₃ em bovinos Nelore (<i>Bos indicus</i>) recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado.	60

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	19
2. REVISÃO DE LITERATURA	21
2.1. FERMENTAÇÃO RUMINAL.....	21
2.2. USO DE DIETAS COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO.....	23
2.3. NARASINA.....	25
3. REFERÊNCIAS	29
4. EXPERIMENTO I . DESEMPENHO DE BOVINOS CONFINADOS RECEBENDO DOSES DE NARASINA EM DIETA COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO	33
RESUMO	33
4.1. INTRODUÇÃO	34
4.2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	35
4.2.1 Animais e instalações experimentais	35
4.2.2. Delineamento e período experimental	35
4.2.3. Tratamentos e manejo alimentar	36
4.2.4 Pesagem dos animais	37
4.2.5 Análises e procedimentos laboratoriais	38
4.2.6. Análises estatísticas	39
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.3. CONCLUSÕES	47
REFERÊNCIAS	48
5. EXPERIMENTO II . PARÂMETROS RUMINAIS E DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES EM BOVINOS RECEBENDO DOSES DE NARASINA EM DIETA COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO	50
RESUMO	50
5.1. INTRODUÇÃO	52
5.2. Materiais e métodos	53
5.2.1 Animais e instalações experimentais	53
5.2.2 Delineamento e período experimental	53
5.2.3 Tratamentos e manejo alimentar	54
5.2.4 Digestibilidade aparente de nutrientes	55
5.2.5 Colheita e análise do fluido ruminal	57
5.2.6 Análises estatísticas	58
5.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	59
5.4. CONCLUSÕES	65

REFERÊNCIAS	66
-------------------	----

1. INTRODUÇÃO

A maior parte da produção de bovinos no Brasil é feita nos sistemas a pasto, no entanto, ao longo dos anos, o uso de sistemas confinados estão se tornando cada vez mais utilizados e, nestes sistemas, o teor médio de inclusão de alimentos concentrados na dieta é de 80,5% (Silvestre e Millen, 2021). Para animais ruminantes a melhor forma de aumentar a eficiência produtiva é melhorando a fermentação ruminal, pelo aumento na qualidade dos ingredientes da dieta ou pela manipulação das populações microbianas presentes no rúmen (Polizel et al., 2020).

Uma das alternativas utilizadas para garantir a saúde e aumentar o desempenho de bovinos em confinamento é o uso de aditivos alimentares, alguns aditivos, como os ionóforos, além de serem anticoccidiostáticos também são capazes de contornar os efeitos indesejáveis do uso de altos teores de concentrado, reduzindo o risco de distúrbios metabólicos, além de funcionarem como uma ferramenta capaz de aumentar a eficiência de utilização dos nutrientes (Tedeschi et al., 2003).

A monensina foi a molécula mais estudada em dietas contendo altos teores de concentrado e demonstrou capacidade em aumentar a produção dos AGCC, além de modificar a proporção dos mesmos e, por vezes, ser capaz de aumentar o desempenho animal (Tedeschi et al., 2003). A narasina, no entanto, teve seus estudos voltados inicialmente para dietas com teores mais elevados de forragem, onde demonstrou aumento no ganho médio diário (GMD) sem alterar o consumo de matéria seca (CMS) em doses de utilização menores que a monensina (Silva et al., 2015; Cappellozza et al., 2019; Limede et al., 2021; Miszura et al., 2023), porém, há um grande interesse para entender também seus efeitos em dietas com teores mais altos de concentrado.

Poucos estudos foram conduzidos avaliando o uso da narasina em dietas contendo alto concentrado para animais ruminantes e os resultados ainda não são bem estabelecidos, no entanto, Polizel et al. (2020) ao avaliarem o uso da narasina para cordeiros em terminação em doses baseadas na melhor dose-resposta observada nos estudos previamente conduzidos com alta forragem observaram um aumento na digestibilidade dos nutrientes, aliado a um aumento

na proporção de propionato e redução na quantidade de amônia produzida no ambiente ruminal, demonstrando um maior aporte de energia que resultou em aumento no GMD e na eficiência alimentar (EA) dos animais. Estes resultados foram observados para os animais que receberam a dose de 15 mg/kg de MS, sendo, a dose que proporcionou os maiores ganhos, até mesmo em relação ao tratamento contendo monensina na dose de 25 mg/kg de MS.

Para Baggio et al. (2023) avaliando o uso dessa molécula durante a adaptação e terminação de bovinos, a narasina na dose de 13 mg/kg de MS foi capaz de aumentar o CMS durante o período de adaptação nos dois experimentos conduzidos, no entanto, este efeito não foi continuado para a terminação e não houve influencia da molécula sobre o desempenho e os parâmetros ruminiais avaliados, a dose testada neste experimento foi baseada na melhor dose-resposta obtida nos estudos que avaliaram a molécula em dietas com alta forragem.

Contudo, a escassez de estudos sobre a narasina nestes sistemas de produção deixa dúvidas em relação aos seus efeitos e quais doses podem ser utilizadas para animais recebendo dietas com alto nível de concentrado. Porém, hipotetizamos que a narasina também seja capaz de melhorar as características de desempenho de animais confinados, a partir da manipulação da fermentação ruminal. Dessa forma, os objetivos deste estudo foram avaliar a melhor dose-resposta de narasina sobre o desempenho, digestibilidade aparente dos nutrientes e parâmetros de fermentação ruminal de bovinos de corte recebendo dieta com alto teor de concentrado.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. FERMENTAÇÃO RUMINAL

A habilidade dos ruminantes para estabelecer simbiose com microrganismos que realizam a fermentação no ambiente ruminal é uma das principais adaptações ao longo da evolução, o que tornou estes animais capazes de extrair energia pela digestão dos componentes fibrosos das plantas conferindo uma vantagem significativa dos mesmos em comparação com outros herbívoros (Russell & Rychlink, 2001).

As bactérias, protozoários, fungos e vírus são os quatro principais grupos de microrganismos presentes no ambiente ruminal. Destes, 60 a 90% da biomassa total é representada pelas bactérias (Kozloski, 2011). A fermentação ruminal é o desfecho de uma série de atividades físicas e microbiológicas, nas quais os microrganismos utilizam os nutrientes ingeridos pelo animal, resultando na produção de produtos finais como AGCC, proteína microbiana (Pmic), vitaminas do complexo B, vitamina K, além da geração de alguns gases como o gás carbônico (CO₂) e o metano (CH₄) (Owens & Goetsch, 1988).

Alguns parâmetros são essenciais para que a população microbiana do rúmen se mantenha estável, como, o fornecimento constante de nutrientes por meio do alimento, estabilidade na temperatura, osmolaridade, pH ruminal e, aporte constante de tamponantes no rúmen. Além disso, a passagem dos componentes indigestíveis da dieta para os compartimentos do trato digestório seguintes e a passagem ou absorção dos produtos da fermentação também são de extrema importância para que estes parâmetros e a saúde do ambiente ruminal se mantenham estáveis (Owens & Goetsch, 1988).

Durante a fermentação os principais AGCC produzidos são o acético, propionico e butirico, há variação na proporção e na quantidade de ácidos produzidos no rúmen, sendo a principal causa de variação dessa produção a composição da dieta, que, conseqüentemente, influencia também na população microbiana presente (Aschenbach et al., 2011). O tipo de carboidrato do alimento consumido pelo animal é a principal característica capaz de influenciar na produção dos AGCC (Bergman, 1990).

Para Owens & Goetsch (1988), dietas com teores mais elevados de forragens apresentam uma composição rica em carboidratos fibrosos e, nessa situação, as bactérias celulolíticas se tornam mais representativas no processo de fermentação, gerando maior produção de acetato. Em relação ao CH₄, pode-se dizer que existe uma relação inversa entre a produção de metano e a de propionato, isso ocorre porque o CO₂ e H⁺ são subprodutos gerados durante a conversão da glicose em acetato e butirato, no entanto, isto não ocorre durante a rota metabólica de produção do propionato, assim, podemos entender que quanto melhor a eficiência da fermentação ruminal, maior está sendo a produção de propionato, que é produzido principalmente durante a fermentação de carboidratos não fibrosos (Nussio et al., 2006). Para os animais ruminantes, esses AGCC desempenham um papel crucial como a principal fonte de energia, constituindo aproximadamente 75 a 80% da energia inicial contida nos carboidratos. Além disso, contribuem significativamente, representando de 50 a 70% da energia digestível proveniente do alimento (Kozloski, 2011).

A seleção do tipo de carboidrato não fibroso a ser fornecido pode ter um impacto direto no ambiente ruminal, o amido e os açúcares, por exemplo, desempenham um papel fundamental na formação de propionato, contribuindo para a redução das perdas de energia, especialmente na forma de CH₄. Por outro lado, a pectina resulta em uma fermentação acética, que, quando utilizada de maneira adequada, pode ser uma estratégia eficaz para diminuir a incidência de acidose. Isso é particularmente relevante, considerando que o amido é o principal componente das dietas empregadas nesses sistemas de produção (Van Soest et al., 1991). De maneira geral, a espécie bacteriana e a concentração de nicotinamida adenosina difosfato (NADH) e hidrogênio (H₂) na célula são os principais responsáveis por ditar qual ácido será produzido e qual será a estequiometria de conversão de um mol de glicose para AGCC e, assim, a proporção de cada ácido (Kozloski, 2011). No entanto, a eficácia da fermentação ruminal desempenha um papel crucial na determinação do equilíbrio entre a entrada e saída de proteína e energia, dessa forma, o nitrogênio amoniacal (N-NH₃) pode se destacar como a principal fonte de nitrogênio para a síntese de Pmic em bactérias fibrolíticas. Porém, é importante observar que algumas bactérias, como as amilolíticas, também necessitam de aminoácidos e

peptídeos como fonte de nitrogênio, podendo utilizá-los como fonte de energia ou incorporá-los a Pmic conforme indicado pelo NRC (2001).

Dentre os fatores que mais influenciam a fermentação ruminal, afetando o crescimento e a eficiência dos microrganismos, principalmente, bactérias, o aporte de energia e nitrogênio são os principais (Van Soest, 1994). Eles servem como base para o desenvolvimento de diferentes estratégias que possam ser utilizadas afim de manipular a fermentação ruminal e melhorar a quantidade de energia e proteína fornecida para o animal. Algumas dessas estratégias são a variação no substrato e das características do mesmo, modificação na forma e na frequência do fornecimento de ração e a utilização de aditivos em doses eficientes que possam favorecer ou prejudicar determinados microrganismos ou causando alterações nas suas vias metabólicas (Rodrigues, 2016). A maior parte destes aditivos visam manipular a fermentação ruminal, principalmente, pela seleção de bactérias gram-negativas, como consequência, alguns são capazes de aumentar a produção de AGCC, reduzir a deaminação no ambiente ruminal pela redução na produção de N-NH₃, aumentar a produção de propionato e impedir o acúmulo de alguns intermediários que possam resultar em perdas energéticas como o CH₄ (Newbold & Morales, 2020).

Dentre os aditivos atualmente trabalhados, os ionóforos se destacam devido a sua utilização bem estabelecida nos sistemas de produção e seus benefícios bastante estudados e evidenciados.

2.2 USO DE DIETAS COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO

Nos últimos anos, o aumento da produção de grãos no Brasil, a maior disponibilidade de coprodutos agroindustriais e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras possibilitou o aumento da utilização de sistemas confinados na produção de bovinos de corte e, conseqüentemente, o aumento no uso de dietas com elevados teores de concentrado (Santos et al., 2011). Tal aumento pode ser observado por levantamentos realizados por Silvestre & Millen (2021) em que 97,2% dos nutricionistas de confinamento já recomendam de 71 a 90% de concentrado nas dietas, enquanto no levantamento realizado por Millen et al., (2009) apenas 58,1% dos confinamentos utilizavam dietas com estes respectivos teores. A composição dessas dietas utilizadas nos confinamentos

atualmente possui cerca de 74% de nutrientes digestíveis totais (NDT), com uma energia pra ganho de 1,33 Mcal/g de MS e com níveis de amido em torno de 40%, tais dietas apresentam níveis moderados de energia, principalmente devido a dificuldade no processamento do milho e ao tipo de milho comercializado no nosso país

Essas dietas com altos teores de concentrado propiciam maior ganho de peso, eficiência alimentar e, resultam em carcaças com melhor acabamento e rendimento, além disso, o uso de sistemas confinados possibilita encurtar o ciclo de produção, tornando o giro de mercado mais rápido (Preston, 1988; Santos et al., 2004; Nunez, 2008; Carareto, 2011). E de acordo com o último levantamento conduzido por Silvestre & Millen (2021), a taxa média de inclusão de concentrado nos confinamentos do Brasil atinge 80,5%. Nessas dietas, os teores de carboidratos de rápida fermentação também são mais elevados, o que pode desencadear o início de um processo de acidose pois a quebra desses carboidratos leva a produção de altos níveis de glicose, que, em dietas mais volumosas encontra-se em baixas concentrações no ambiente ruminal. Entretanto, o nível de glicose no rúmen pode aumentar a tal ponto em que exceda o nível de glicose sanguínea (Galyean & Rivera, 2003). Tal efeito gera um aumento na osmolaridade do ambiente ruminal, corroborando para o processo de acidificação, pois esse aumento pode inibir a absorção dos AGCC pela parede ruminal (Owens et al., 1998). Além disso, quando há um aumento na concentração de glicose no líquido ruminal pode haver um favorecimento no crescimento de bactérias produtoras de ácido lático (*Streptococcus bovis* e *Lactobacillus sp.*) e uma redução nas utilizadoras de lactato (*Selenomonas ruminantium*, *Anaerovibrio sp.*, *Megasphaera elsdenii* e *Propionibacterium sp.*) e o acúmulo de glicose no líquido ruminal também pode prejudicar a adesão dos microrganismos as partículas de alimento, principalmente as da fibra, prejudicando a digestão ruminal dos componentes fibrosos da dieta (Antunes & Rodriguez, 2006).

O ácido lático pode ser utilizado como fonte de glicose através do ciclo de Cori que ocorre no fígado ou oxidado a CO₂ para gerar energia aos tecidos, no entanto, o lactato possui uma taxa de absorção menor que a dos AGCC e, quando em uma situação de acidose aguda, há um aumento descontrolado do esteroisômero D-lactato, que normalmente representa somente cerca de 10 a

20% da concentração total dos ácidos lácticos, passando para 40 a 50% em uma situação de baixo pH no rúmen (>5,8), essa situação é prejudicial pois o D-lactato é metabolizado mais lentamente, facilitando seu acúmulo e aumentando o risco de uma acidose metabólica (Antunes & Rodriguez, 2006). De maneira geral, o desequilíbrio entre a produção e absorção dos AGCC provocam a acidose no rúmen, com a consequente redução no pH ruminal, podendo desencadear uma cascata de eventos que impactam negativamente sobre a atividade dos microrganismos e no desempenho e saúde dos animais (Nagaraja & Lechtenberg, 2007). No entanto, quando uma adaptação correta é realizada e uma dieta muito bem balanceada é fornecida adequadamente, este tipo de dieta propicia ganhos superiores e uma redução significativa no ciclo de produção, contornando os possíveis efeitos negativos e tornando a produção mais competitiva no mercado (Cervieri et al. 2009).

2.3 NARASINA

A narasina é um ionóforo produzido pela bactéria *Streptomyces aureofaciens* e pertence à mesma família de antibióticos da monensina, lasalocida e salinomicina (Berg & Hamill, 1978). Possui fórmula molecular $C_{43}H_{72}O_{11}$ e peso molecular de 765 Daltons, a mesma é insolúvel em água, porém, é solúvel em álcool, acetona, clorofórmio e acetato de etila. Como os demais ionóforos, a narasina também possui afinidades específicas para cada cátion, sendo $Na^+ > K^+ = Rb^+ > Cs^+ > Li^+$ (Wong et al., 1977).

A procura pela melhora na retenção de energia e, conseqüentemente, no desempenho animal, levou ao aumento linear no uso desses aditivos na nutrição animal (Silvestre & Millen, 2021). De acordo com levantamento realizado por Silvestre & Millen (2021) 99,8% dos nutricionistas de sistemas confinados declararam que utilizam algum tipo de aditivo alimentar nas dietas de terminação, sendo que, 91,7% utilizam ionóforos, principalmente, monensina sódica e salinomicina. De acordo com a FDA (*Foods and Drugs Administration*) os ionóforos são classificados como antibióticos, porém, não se enquadram na classe de uso compartilhado com humanos, assim, são de uso específico para animais.

A ação dos ionóforos causam uma desordem no transporte de íons através da membrana de bactérias gram-positivas, essa ação provoca uma alteração na homeostase, levando a um maior gasto energético e prejudicando o desenvolvimento das mesmas (Nicodemo, 2001). Fisiologicamente, as bactérias produzem energia a partir da impulsão de moléculas de H^+ através da membrana, por meio da enzima ATP-sintase. Esta enzima é responsável pela manutenção da energia das bactérias, a partir da junção de uma Adenosina Difosfato (ADP) e um fosfato inorgânico (P_i) impulsionado pela força próton-motriz criada a partir do transporte de H^+ através da membrana (Nakamoto et al., 2008).

O ionóforo é capaz de alterar justamente o metabolismo de energia e o gradiente eletroquímico das bactérias, a partir de uma modificação na permeabilidade da membrana dessas bactérias, assim, quando ocorre a ligação entre o ionóforo e um cátion de maior afinidade (geralmente Na^+ e K^+), simultaneamente, após essa ligação, ocorre a entrada para o meio intracelular e a saída de íons de H^+ , sendo que, a narasina e a monensina, por exemplo, atuam principalmente desencadeando as trocas de Na^+ por H^+ , pois a afinidade pelo Na^+ é maior do que pelo K^+ . Este contínuo transporte desencadeia um desequilíbrio no gradiente de íons, geralmente decorrente do transporte ativo que as bactérias iniciam, reduzindo o pH do citoplasma e induzindo o gasto de energia, todo esse comportamento afim de manter a homeostasia esgota as reservas energéticas e afeta o crescimento dessas bactérias (Berchielli & Bertipaglia, 2010). A resistência das bactérias gram-negativas a ação dos ionóforos está ligada a composição da sua membrana celular que conta com a presença de uma dupla membrana lipídica, contudo, a segunda membrana é impermeável a grandes partículas, impedindo o transporte de íons, dificultando a ação dos ionóforos a esses tipos de bactérias (Russell & Strobel, 1989).

Os principais efeitos dos ionóforos sobre o ambiente ruminal são: aumento da produção de energia no rúmen, decorrente da maior proporção de AGCC, menor relação acetato:propionato, aliado à redução da produção de CH_4 ; redução da degradação de proteína no rúmen devido a diminuição das bactérias hiperprodutoras de amônia, permitindo que haja maior quantidade de proteína dietética chegando no intestino delgado e; redução na incidência de distúrbios

metabólicos, principalmente acidose e timpanismo devido a menor produção de ácido láctico e mucopolissacarídeos (Marino & Medeiros, 2015).

Com o aumento nas pesquisas envolvendo a molécula de narasina logo notou-se um potencial de uso para ruminantes. Atualmente, a narasina possui sua vertente de uso voltada principalmente para sistemas a pasto devido a sua capacidade em melhorar o desempenho animal sem afetar o CMS dos animais (Limede et al., 2021; Miszura et al., 2023) e dos suplementos ofertados (Silva et al., 2015; Polizel et al., 2020). Contudo, seus resultados para bovinos confinados, recebendo dietas com alto teor de concentrado ainda não são bem estabelecidos.

Diferente do que ocorre com monensina, a narasina não altera o CMS em dietas com elevado teor de forragem (Silva et al., 2015; Cappelozza et al., 2019; Limede et al., 2021; Miszura et al., 2023). Apesar disso, a molécula consegue alterar a dinâmica da fermentação ruminal, permitindo a manipulação da mesma, principalmente, aumentando o nível de glicose (Sardinha et al., 2020), além de reduzir a concentração de ureia no sangue (Polizel et al., 2020). Em estudo *in vitro* a narasina proporcionou aumento na concentração molar de propionato e demonstrou eficiência na diminuição da produção de ácido láctico, com doses até três vezes menores que as usadas para monensina e lasalocida (Nagaraja et al., 1987). Estes resultados foram de grande valia para despertar o interesse na pesquisa com este ionóforo no intuito de manipular a fermentação ruminal, melhorando o desempenho produtivo de animais ruminantes.

Essas características foram o pilar no desenvolvimento de diversos estudos afim de avaliar os efeitos da narasina em diferentes situações. Em estudo realizado por Polizel et al. (2016b) avaliando o efeito das doses de narasina (0, 8, 16, 24 e 32 mg/Kg de MS) em borregos alimentados com dietas contendo alto teor de volumoso, o aditivo não causou alteração nas proporções molares dos AGCC, contudo, houve um acréscimo linear na concentração total dos mesmos, sem afetar o CMS. No entanto, ao avaliar o efeito de duas doses de narasina (13 mg/Kg de MS e 20 mg/Kg de MS) sobre o desempenho de cordeiros alimentados com dietas a base de forragem, foi constatado que o uso do aditivo causou um efeito quadrático para as variáveis GMD e EA, constatando que a melhor dose nesta aplicação foi a de 13 ppm (Polizel et al., 2021).

Afim de comparar o efeito da molécula de narasina em relação a monensina, Polizel et al., (2016a) avaliaram o efeito de doses de narasina (5, 10 e 15 mg/Kg de MS) em relação a monensina em dietas contendo 90% de concentrado no desempenho e metabolismo de cordeiros, foi constatado que a narasina ocasionou efeito linear crescente no desempenho dos animais, aumentando o GMD e melhorando a EA. Além disso, foi observado que os cordeiros alimentados com narasina obtiveram desempenho superior aos que receberam a monensina na dose de 25 mg/Kg de MS. Neste mesmo estudo, constatou-se que a narasina foi capaz de aumentar a proporção molar de propionato e reduzir a relação acetato:propionato, similar ao que ocorre com a monensina (Polizel et al., 2016a). Além disso, foi capaz de melhorar a digestibilidade da MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE) e dos carboidratos não fibrosos (CNF).

Baggio et al. (2023), avaliaram o uso ou não de ionóforos e diferentes combinações entre monensina e narasina, de acordo com os seguintes tratamentos: controle (sem aditivo); narasina durante a adaptação e terminação; narasina na adaptação e monensina na terminação e; monensina na adaptação e narasina na terminação. Os respectivos aditivos foram testados na dose de 13 mg/kg de MS para narasina e 25 mg/kg de MS para monensina nas dietas de adaptação e também na dieta final com alto teor de concentrado. Uma característica importante neste estudo é que a dieta de terminação possuía cerca de 80% de NDT, no entanto, a mesma apresentava cerca de 28% de FDN, pois, apesar de conter somente 8% de volumoso na forma de bagaço de cana-de-açúcar em sua composição a mesma possuía casca de soja, um coproduto que apresenta uma quantidade de fibra significativa em sua composição e caroço de algodão, que também possui fibra em sua composição apesar da presença elevada de EE. Neste estudo, a narasina na dose de 13 mg/Kg de MS foi capaz de aumentar o CMS em comparação aos tratamentos contendo monensina durante o período de adaptação para ambos os experimentos realizados (metabolismo e desempenho animal), contudo, não houve diferença significativa entre os tratamentos para os parâmetros de digestibilidade e desempenho, observando que tal resultado também não foi continuado para o período de terminação em ambos experimentos.

Contudo, apesar das referências sobre o uso deste ionóforo serem recentes na nutrição de ruminantes, a literatura ainda é escassa em relação a sua utilização em dietas com alto teor de concentrado para bovinos, favorecendo a busca por estudos que exemplifiquem a aplicabilidade desta molécula e seus efeitos no desempenho animal nestas situações.

3. REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. FUNEP, Editora Gráfica, Jaboticabal, 2006.

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

BAGGIO, M.; GOUVÊA, V.N.; BARROSO, J.P.R.; MISZURA, A.A.; LIMEDE, A.C.; SOARES, L.C.B.; FERRAZ JR, M.V.C.; VICENTE, A.C.S.; FERREIRA, E.M.; MARQUES, R.S.; PIRES, A.V. Different combinations of monensin and narasin on growth performance, carcass traits, and ruminal fermentation characteristics of finishing beef cattle. *Original Research, Front. Vet. Sci*, vol. 10, 2023.

BERCHIELLI, T.T.; BERTIPAGLIA, L.M.A. Utilização de aditivos na produção de bovinos de corte. In: PIRES, A.V. (Ed). *Bovinocultura de corte*. Piracicaba: FEALQ, v.1, p. 295- 330, 2010.

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.

BERGMAN, E. N. Energy contributions of volatile fatty acids from the gastrointestinal tract in various species. *Physiological Reviews*, v. 70, p. 567-590, 1990.

CAPPELLOZZA, B.; LASMAR, P.; REIS, F.; OLIVEIRA, L.; HOE, F.; BOEHLER, R.; LEIBOVICH, J.; STARKEY, R.; SIMAS, J.; COOKE, R. Effects of supplement type and narasin inclusion on supplement intake by *Bos indicus* beef bulls grazing a warm-season forage. *Translational Animal Science*, v.3, p.172–180, 2019.

CARARETO, R. Fontes de nitrogênio, níveis de forragem e métodos de processamento de milho em rações para tourinhos da raça Nelore terminados em confinamento. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2011.

CERVIERI, R. C.; CARVALHO, J. C. F.; MARTINS, C. L. Evolução do Manejo Nutricional nos Confinamentos Brasileiros: Importância da Utilização de Subprodutos da Agroindústria em Dietas de Maior Inclusão de Concentrado. In:

Simpósio Internacional de Nutrição de Ruminantes, 2, 2009, Botucatu. Recentes avanços na nutrição de bovinos confinados: anais... Botucatu: UNESP, Faculdade de Ciências Agrônomicas. p.2-22, 2009.

FDA. Food and Drug Administration of the United State of America.

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

KOZLOSKI, G. B. Bioquímica dos ruminantes. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria. 139p, 2011.

LIMEDE, A.; MARQUES, R.; POLIZEL, D.; CAPPELLOZZA, B.; MISZURA, A.; BARROSO, J.; MARTINS, A.; SARDINHA, L.; BAGGIO, M.; PIRES, A. 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 Animal Science*, v.99, p.1–11, 2021.

MARINO, C.T., MEDEIROS, S.R. Aditivos alimentares na nutrição de bovinos de corte. In: MEDEIROS, S.R., GOMES, R.C., BUNGENSTAB, D.J. Nutrição de bovinos de corte – Fundamentos e aplicações. Embrapa, Brasília, 2015.

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.

MISZURA, A. A.; MARQUES, R. S.; POLIZEL, D. M.; CAPPELLOZZA, B. I.; CRUZ, V. A.; OGG, M. A.; BARROSO, J. R.; OLIVEIRA, G. B.; MARTINS, A. S.; LIMEDE, A. C.; FERREIRA, E. M.; GOUVÊA, V. N.; PIRES, A. V. Effects of lasalocid, narasin, or virginiamycin supplementation on rumen parameters and performance of beef cattle fed forage-based diet. *Journal of Animal Science*, vol. 101, 2023.

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.; 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*, 65: 1064-1076. 1987.

NAKAMOTO, R. K.; SCANLON, J. A. B.; AL-SHAWI, M. K. The Rotary mechanism of the ATP synthase. *Archives of biochemistry and biophysics*, v. 476, n. 1, p. 43-50, 2008.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7 ed. Washinton, D.C.: National Academic Press. p.381, 2001.

NEWBOLD, C. J., RAMOS-MORALES, E. Ruminal microbiome and microbial metabolome: effects of diet and ruminant host. *Animal research*, v. 14, n. S1, p. s78-s86, 2020.

NICODEMO, M.L.F. Uso de aditivos na dieta de bovinos de corte. Embrapa Gado de Corte. (Embrapa Gado de Corte Documentos, 106), Campo Grande-MS, 2001.

NUNEZ, A. J. C.; CAETANO, M.; BERNDT, A.; DEMARCHI, J. J. A.; LEME, P. R.; LANNA, D. P. D. Uso combinado de ionóforo e virginiamicina em Novilhos Nelore confinados com dietas de alto concentrado. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 45, Lavras. Anais... Lavras. 2008.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; LIMA, M. L. M. Metabolismo de carboidratos estruturais. In: Nutrição de Ruminantes, Jaboticabal, SP. FUNEP, p. 193-238, 2006.

OWENS, F. N.; GOETSCH, A. L. Ruminal fermentation. In: CHURCH, D. C. The ruminant animal digestive physiology and nutrition. Englewood cliffs. O & Books Inc., p. 146-171, 1988.

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

POLIZEL D. M.; WESTPHALEN, F.; MISZURA, A. A.; SANTOS, M. H.; SILVA, R. G.; BERTOLONI, A. V.; OLIVEIRA, G. B.; BIEHL, M. V.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. Effect of narasin metabolismo and dry matter intake in wethers fed high-forage diets. *Journal Animal Science*, v. 94, Suppl. E5, p. 639, 2016a.

POLIZEL D. M.; WESTPHALEN, F.; MISZURA, A. A.; SANTOS, M. H.; SILVA, R. G.; BIEHL, M. V.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. Performance of lambs fed high concentrate-diets containing monesin or narasin. *Journal of Animal Science*, v. 94, Suppl. E5, p. 808, 2016b.

POLIZEL D. M.; WESTPHALEN, F.; MISZURA, A. A.; SANTOS, M. H.; SILVA, R. G.; BERTOLONI, A. V.; OLIVEIRA, G. B.; BIEHL, M. V.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. Effect of narasin metabolismo and dry matter intake in wethers fed high-forage diets. *Journal Animal Science*, v. 94, Suppl. E5, p. 639, 2016c.

POLIZEL, D.; CAPPELLOZZA, B.; HOE, F.; LOPES, C.; BARROSO, J.; MISZURA, A.; OLIVEIRA, G.; GOBATO, L.; PIRES, A. Effects of narasin supplementation on dry matter intake and rumen fermentation characteristics of *Bos indicus* steers fed a highforage diet. *Translational Animal Science*, v.4, p.118–128, 2020.

POLIZEL, D.; SARDINHA, L. A.; LIMEDE, A. C.; MISZURA, A. A.; BARROSO, J. P. R.; STURION, T. U.; SOARES, L. C. B.; MARQUES, R. S.; BIAVA, J. S.; FERRAZ JUNIOR, 23 M. V. C.; FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V. Effect of narasin supplementation on performance of lambs fed high-forage diets. *Small Ruminant Research*, 2021.

PRESTON, R. L. Management of high concentrate diets in feedlot. In: Simpósio sobre produção intensiva de gado de corte. CBNA, Campinas, p. 89-91, 1988.

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

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

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

SANTOS, F. A. P.; CARARETO, R.; MARQUES, R. S. Processamento de grãos para bovinos de corte. In: Simpósio Sobre Nutrição de Bovinos, 9. Anais, Piracicaba: FEALQ, p. 403-432, 2011.

SANTOS, F. A. P.; PEREIRA, E. M.; PEDROSO, A. M. Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento. In: Simpósio sobre bovinocultura de corte, 5. Piracicaba. Anais, FEALQ, p. 262-297, 2004.

SARDINHA, L.; MARQUES, R.; MISZURA, A.; BARROSO, J.; OLIVEIRA, G.; MARTINS, A.; LIMEDE, A.; FERRAZ JR, M.; FERREIRA, E.; PIRES, A. EASTRIDGE, M.; POLIZEL, D. Milk yield and composition from ewes fed diets containing narasin and their lambs' performance. Translational Animal Science, v.4, p.854–862, 2020.

SILVA, R.; FERRAZ JUNIOR, M.; GOUVEA, V.; POLIZEL, D.; SANTOS, M.; MISZURA, A.; ANDRADE, T.; WESTPHALEN, M.; BIEHL, M.; PIRES, A. Effect of narasin in mineral mix to Nellore heifers fed with high forage. Journal Animal Science, v.93, p.118, 2015.

SILVESTRE, A. M.; MILLEN, D. D. The 2019 Brazilian survey on nutritional practices provided by feedlot cattle consulting nutritionists. Revista Brasileira de Zootecnia, v. 50, p. 1-25, 2021.

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

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583–3597, 1991.

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

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.

4. EXPERIMENTO I. DESEMPENHO DE BOVINOS CONFINADOS RECEBENDO DOSES DE NARASINA EM DIETA COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a inclusão de narasina na dieta de bovinos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) alimentados com altos teores de concentrado, sobre CMS, GMD e EA. Foram utilizados 76 novilhos F1 Angus x Nelore (*Bos taurus indicus*), machos, não castrados com idade em torno de 10 ± 1 meses e peso médio de $250 \pm 1,70$ Kg. Os animais foram divididos em 4 tratamentos, sendo CON: controle negativo, sem inclusão de aditivos alimentares, N10: 10 mg/Kg de MS de narasina, N20: 20 mg/Kg de MS de narasina e N30: 30 mg/Kg de MS de narasina. Os animais foram pesados individualmente em dois dias subsequentes ao início e ao final do experimento (dia -1 e 0 e 111 e 112, respectivamente), com pesagens ao final de cada período com duração de 28 dias. O delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados (N 19). Foi realizado o cálculo do GMD para cada período experimental, como a EA, levando em consideração o CMS que foi monitorado diariamente. Não houve efeito de tratamento para as variáveis PI ($P > 0,41$), PF ($P > 0,92$), CMS ($P > 0,69$), GMD ($P > 0,79$) e EA ($P > 0,66$), porém, houve interação ($P < 0,05$) entre tratamento e período para CMS. Houve influência da narasina sobre o CMS no primeiro período experimental, em que a N10 apresentou consumo superior ao CON, não diferindo dos outros tratamentos e do CON com o tratamento N20 no terceiro período experimental, em que a N20 apresentou menor CMS em comparação ao CON mas não diferindo dos outros tratamentos. O uso da narasina não afetou as variáveis de GMD e EA, porém, afetou positivamente o CMS, aumentando o mesmo durante o primeiro período experimental na dose de 10 mg/Kg de MS.

Palavras-chave: concentrado, desempenho, narasina, ionóforo.

4.1 INTRODUÇÃO

A narasina possui efeitos característicos sobre o desempenho animal e alguns estudos já demonstraram resultados interessantes em relação ao seu uso para animais recebendo dietas com teores mais elevados de alimentos concentrado (Polizel et al., 2016; Baggio et al., 2023). Contudo, ambos os estudos não deixam totalmente esclarecidos os efeitos que a narasina pode ter sobre o desempenho de bovinos recebendo esse tipo de dieta.

Para cordeiros alimentados com dietas contendo alto teor de concentrado a mesma ocasionou efeito linear para GMD e melhorou a EA, ultrapassando os animais que haviam sido alimentados com monensina na dose de 25 mg/kg de MS, em média, os animais alimentados com narasina apresentaram peso corporal 4,9% maior em relação aos animais que receberam monensina. É importante destacar que a dieta utilizada neste experimento contava com apenas 10% de volumoso advindo do feno de “coastcross”, e a mesma apresentou cerca de 18,2% de FDN em sua composição final, confirmando o uso de um elevado nível de concentrado, no entanto, diferente do esperado a narasina não aumentou o CMS neste estudo, porém, aumentou o GMD, demonstrando melhora na EA (Polizel et al., 2016). Resultados semelhantes foram observados por Polizel et al. (2021) ao avaliarem cordeiros recebendo narasina em dietas contendo alto teor de volumoso, onde a mesma proporcionou efeito quadrático para as variáveis GMD e EA, demonstrando que a melhor dose-resposta nesta situação foi a de 13 mg/kg de MS.

Baggio et al. (2023) demonstraram que a narasina na dose de 13 mg/kg de MS foi capaz de aumentar o CMS de bovinos durante o período de adaptação tanto no experimento de metabolismo como no de desempenho animal em relação ao tratamento contendo monensina, no entanto, a mesma não interferiu nas variáveis de GMD e EA como ocorreu nos estudos com a espécie ovina. A falta de efeito para algumas variáveis demonstram que possivelmente a dose para bovinos seja diferente da dose estabelecida nos experimentos com ovinos.

Contudo, os efeitos da narasina sobre o desempenho de bovinos de corte recebendo dietas com alto teor de concentrado são escassos e não há uma melhor dose-resposta estabelecida para esta situação, assim, os objetivos deste estudo foram avaliar os efeitos de doses de narasina sobre o desempenho de

bovinos em confinamento, recebendo dietas com alto teor de concentrado e avaliar a melhor dose-resposta desse aditivo para este sistema de produção.

4.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo foi revisado e aprovado pelo Comitê Institucional de Uso e Cuidado de Animal da ESALQ/USP (Universidade de São Paulo, protocolo N° 3813100123).

4.2.1 Animais e instalações experimentais

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). Foram utilizados 76 novilhos F1 Angus X Nelore, machos, não castrados com idade em torno de 10 ± 1 meses e peso médio de $250 \pm 1,70$ Kg.

4.2.2. Delineamento e período experimental

Os animais já adaptados foram alojados em baias individuais e o delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, onde 76 novilhos foram distribuídos em função do peso corporal aleatoriamente em quatro grupos de tratamentos com 19 repetições. A distribuição para os tratamentos foi realizada a partir da média do peso corporal da pesagem no dia -1 e 0, assim, os animais foram ordenados de leves a pesados em 4 grupos de tratamento, que são os seguintes:

- CON: sem adição de aditivo (controle negativo);
- N10: 10 mg / Kg de MS de narasina;
- N20: 20 mg / Kg de MS de narasina;
- N30: 30 mg / Kg de MS de narasina.

4.2.3. Tratamentos e manejo alimentar

A definição dos tratamentos foi realizada a partir de embasamento teórico com trabalhos já publicados a respeito deste aditivo e a dose comercial utilizada, cada animal permaneceu em uma baia individual com cocho único para receber o respectivo tratamento. A oferta do aditivo foi feita com base na oferta da dieta total para cada animal, respeitando a dose de narasina na MS para cada tratamento.

A mesma dieta basal foi ofertada para todos os animais, no entanto, os tratamentos que recebiam narasina, além de passarem por uma mistura primária em vagão misturador que era feita para produzir uma dieta basal, passavam por uma segunda mistura para homogeneização do aditivo à sua respectiva quantidade em betoneira.

De maneira geral, era feita uma dieta basal em vagão misturador e depois essa dieta era fracionada em quatro, visto que os três tratamentos que continham narasina passavam por uma mistura secundária em betoneira. Para realizar a produção da dieta de cada tratamento uma quantidade conhecida da dieta basal era pesada e colocada novamente para mistura em betoneira, no entanto, neste momento, o aditivo por meio de um veículo (milho moído) era incorporado a dieta e a mesma passava por um segundo período de mistura. Esse processo era realizado para cada tratamento, de acordo com a quantidade de trato necessária para os respectivos animais do mesmo. Ao fim de cada um desse processos a betoneira utilizada para mistura era higienizada e, como regra sempre iniciávamos a produção dessa batida secundária a partir do tratamento N10, pois era o que possuía a menor quantidade de narasina, afim de evitar contaminação.

É importante destacar que somente as dietas dos tratamentos que continham narasina passavam por essa mistura secundária, pois eram os únicos que precisavam que o aditivo fosse incorporado a dieta. Era feita uma padronização entre a quantidade da dieta basal a ser mistura com o aditivo para todos os tratamentos, afim de evitar uma despadronização da mistura entre os

mesmos, desta forma, somente a quantidade da narasina era alterada entre as dietas dos respectivos tratamentos.

A dieta foi formulada utilizando o pacote de formulação de dietas NASEM (2016), a mesma era composta por bagaço de cana *in natura*, milho moído, polpa cítrica peletizada, DDG, mix mineral e ureia (Tabela 1). A mistura primária de toda a dieta basal era realizada em vagão misturador (Delaval®, Münchrütistrasse, Suíça) diariamente, após isso, os aditivos eram adicionados às respectivas dietas, para posterior pesagem em balança eletrônica com precisão de 50 gramas (Welmy, W300, Santa Bárbara d'Oeste, SP, Brasil). A dieta total era fornecida a todos os animais por volta das 08:00h.

Os animais tiveram acesso “*ad libitum*” ao alimento e água, sendo permitida sobra de cerca de 5% em relação a oferta. A oferta da dieta total era ajustada diariamente de acordo com a sobra quantificada em relação a oferta do dia anterior, era realizada uma leitura de cocho individual para garantir oferta adequada para todos os animais. A sobra era coletada, pesada e amostrada semanalmente, e, nos outros dias a oferta era baseada na leitura de cocho visual, sempre garantindo sobra em relação a oferta, para os animais não passarem por nenhum momento de restrição.

Tabela 1- Proporção dos ingredientes na dieta experimental.

Ingredientes	Tratamentos (g/Kg de MS) ¹			
	CON	N10	N20	N30
Bagaço de cana-de-áçúcar	80	80	80	80
Milho moído	400,5	400,5	400,5	400,5
Polpa cítrica	386	386	386	386
DDG	100	100	100	100
Ureia	13,5	13,5	13,5	13,5
Mineral	20	20	20	20
Zimprova ²	-	0,083	0,166	0,25

¹CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS. ²Zimprova (Elanco®, animal Health, São Paulo, SP, Brasil): produto comercial contendo concentração de 12% de narasina.

4.2.4 Pesagem dos animais

Os animais foram pesados individualmente em dois dias subsequentes ao início do experimento (dia -1 e 0) e ao final do experimento (dia 111 e 112) sem

período de jejum hídrico e alimentar e, para o cálculo de ganho de peso foi utilizada a média de peso dos dois dias. Foram realizadas também mais três pesagens individuais sem período de jejum hídrico e alimentar ao final de cada período, composto por 28 dias, no intuito de avaliar o GMD no decorrer do experimento, totalizando 4 períodos experimentais. Foi realizado o cálculo do GMD para cada período experimental assim como a EA, levando em consideração o CMS que foi monitorado diariamente. É importante destacar que estes animais já faziam parte do rebanho e já estavam adaptados a dieta com alto concentrado.

4.2.5 Análises e procedimentos laboratoriais

Durante todo o período experimental foram feitas amostragens da oferta semanalmente, essas, foram armazenadas em temperatura controlada de -18°C, resultando em uma amostra composta por período para posterior análise bromatológica, com o intuito de avaliar as características bromatológicas e caracterização do alimento ao longo do estudo.

Para ser possível realizar o consumo dos nutrientes individualmente, as amostras armazenadas ao longo do experimento da oferta, sobras e ingredientes em temperatura controlada eram descongeladas e passavam por dois processos de secagem em estufa.

As amostras eram secas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas (MS parcial), em seguida, todas as amostras foram moídas em moinho do tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, Brasil) com peneiras de crivos de 1,0 mm. A secagem foi feita novamente para eliminar a água residual das amostras por meio da secagem em estufa a 105°C por 24 horas (MS total), a MO foi obtida por meio da incineração das amostras em mufla a 600°C por 4 horas (AOAC, 1990).

A concentração do nitrogênio total foi determinada através de combustão da amostra, utilizando o aparelho Leco TruMac (Leco Corporation, St. Joseph, MI), para posterior cálculo e determinação da PB conforme a AOAC (1990). O EE foi determinado utilizando um aparelho Ankom XT15 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY; AOAC, 1990).

A concentração de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Van

Soest et al. (1991) utilizando aparelho Ankom A2000 (Ankom Tech. Corp., Macedon, NY; AOAC, 1990). Para a determinação de FDN foi utilizado α -amilase termoestável e sulfito de sódio. A composição química dos alimentos e da dieta experimental utilizada consta na Tabela 2.

Tabela 2- Composição química dos ingredientes e da dieta experimental.

Item ¹	Dieta experimental e ingredientes				
	Dieta experimental	Bagaço de cana-de- açúcar	Milho moído	Polpa cítrica	DDG
MS, %	80,92	52,39	87,39	89,95	86,74
MO, %	91,31	92,32	98,39	93,13	94,94
MM, %	8,69	7,68	1,61	6,87	5,06
PB, %	15,41	2,45	10,45	8,5	38,19
FDN, %	23,33	85,61	14,13	23,13	34,5
FDA, %	11,98	56,91	3,25	15,74	9,64
EE, %	2,93	2,03	4,92	2,42	7,29
NDT, %	80,90	46,00	87,00	76,00	77,00

¹MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo; NDT: nutrientes digestíveis totais (através de análise NIR'S).

Após a realização das análises químicas das dietas ofertadas, sobras e ingredientes utilizados, o CMS foi calculado pela subtração das sobras em relação ao material ofertado. Dessa forma, foi possível alcançar o CMS de cada animal, como, o de cada tratamento durante todo o período experimental.

4.2.6. Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.3. 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 respeitou algumas das premissas estatísticas foi submetido as transformações logarítmicas, inversa ou raiz quadrada.

Para as variáveis GMD, CMS e EA, empregou-se o seguinte modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + D_j + b_j + e_{ij} + P_k + (bP)_{jk} + (DP)_{ik} + e_{ijk}$, onde μ = média geral; D_j = efeito fixo da dieta; b_j = efeito aleatório de bloco; e_{ij} = erro residual A; P_k = efeito fixo de período; $(bP)_{jk}$ = efeito aleatório da interação bloco x período; $(DP)_{ik}$

= efeito fixo da interação dieta x período e, e_{ijk} = erro residual B. As matrizes de covariância “compound symmetry, heterogeneous compound symmetry, autoregressive, heterogeneous autoregressive, unstructured, banded, variance componentes, toeplitz e heterogeneous toeplitz” foram testadas e definidas de acordo com o menor valor obtido para “Akaike’s Information Criterion” (AIC).

O peso dos animais foi avaliado utilizando o seguinte modelo estatístico: $Y_{ji} = \mu + D_j + b_j + e_{ij}$, em que μ = média geral; D_j = efeito fixo da dieta; b_j = efeito de bloco; e_{ij} = erro residual.

Foi realizada a ANOVA para todas as variáveis avaliadas e as médias foram obtidas através do comando LSMEANS. O efeito de período e interação tratamento vs período foi definida com base no teste F. Durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado efeito significativo quando $P \leq 0,05$.

4.3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não houve efeito de tratamento para PI ($P > 0,41$), PF ($P > 0,92$), CMS (%PC) ($P > 0,53$), CMS ($P > 0,69$), GMD ($P > 0,79$) e EA ($P > 0,66$). No entanto, houve interação tratamento*período ($P < 0,05$) para CMS, apresentando diferença entre os tratamentos no primeiro e terceiro período experimental. Todas as variáveis foram afetadas pelo período e os efeitos observados e as médias das respectivas variáveis estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3- Características de desempenho de novilhos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado.

Variáveis ²	Tratamentos ¹				EPM ³	Valor de P ⁴		
	CON	N10	N20	N30		Trat	Período	TxP
PI	264,21	264,63	267,68	264,24	2,40	0,4157	.	.
PF	436,71	435,63	431,89	430,76	10,57	0,9275	.	.
CMS (%PC)	2,3070	2,3340	2,2370	2,3290	0,053	0,5370	.	.
CMS	8,0078	8,1484	7,8003	8,0452	0,25	0,6931	<0,0001	0,0328
GMD	1,5431	1,5268	1,464	1,4868	0,084	0,7912	<0,0001	0,1311
EA	0,1923	0,1853	0,1888	0,1848	0,0086	0,6631	<0,0001	0,1448

¹CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS;

²PI: peso inicial; PF: peso final; CMS (%PC): consumo de metéria seca com base no peso corporal; CMS: consumo de matéria seca; GMD: ganho médio diário; EA: Eficiência alimentar;

³EPM: erro padrão da média,

⁴Significativo quando $\leq 0,05$.

Apesar da narasina também ser um aditivo ionóforo e possuir modo de ação semelhante a monensina, alguns dados demonstram que a mesma não causa redução no CMS como a monensina (Silva et al., 2015; Cappellozza et al., 2019; Limede et al., 2021; Miszura et al., 2023), fato observado no referente estudo em que a narasina foi capaz de aumentar o CMS no primeiro período experimental em comparação aos animais do grupo controle (Tabela 4). Houve interação tratamento*período sobre o CMS, sendo que essas diferenças foram entre o tratamento CON e o N10 no primeiro período experimental e do CON com o tratamento N20 no terceiro período experimental, visto que, no primeiro período experimental o tratamento N10 aumentou o CMS em relação ao tratamento CON, enquanto, no terceiro período, o tratamento N20 reduziu o CMS em comparação ao tratamento CON (Figura 1). Tal resultado foi observado também em estudos que avaliaram dietas de cordeiros e bovinos com alto teor de concentrado (Polizel et al., 2016; Baggio et al., 2023) ou com alto teor de forragem (Polizel et al., 2020; Limede et al., 2021; Miszura et al., 2023). De acordo com os autores o que pode explicar este aumento no consumo é a melhora na digestibilidade dos nutrientes que ocorreu, porém, tal efeito não foi prolongado para os outros períodos experimentais.

Tabela 4- Consumo de matéria seca ao longo do período experimental de novilhos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado.

Variáveis ²	Tratamentos ¹				EPM ³	Valor de P ⁴		
	CON	N10	N20	N30		PTrat	PPeríodo	PTxP
CMS (0-28d)	6,90 ^b	7,59 ^a	7,36 ^{ab}	7,48 ^{ab}				
CMS (29-56d)	8,20	8,52	8,11	8,30	0,25	0,6931	<0,0001	0,0328
CMS (57-84d)	8,53 ^a	8,38 ^{ab}	7,83 ^b	8,17 ^{ab}				
CMS (85-112d)	8,40	8,11	7,89	8,23				

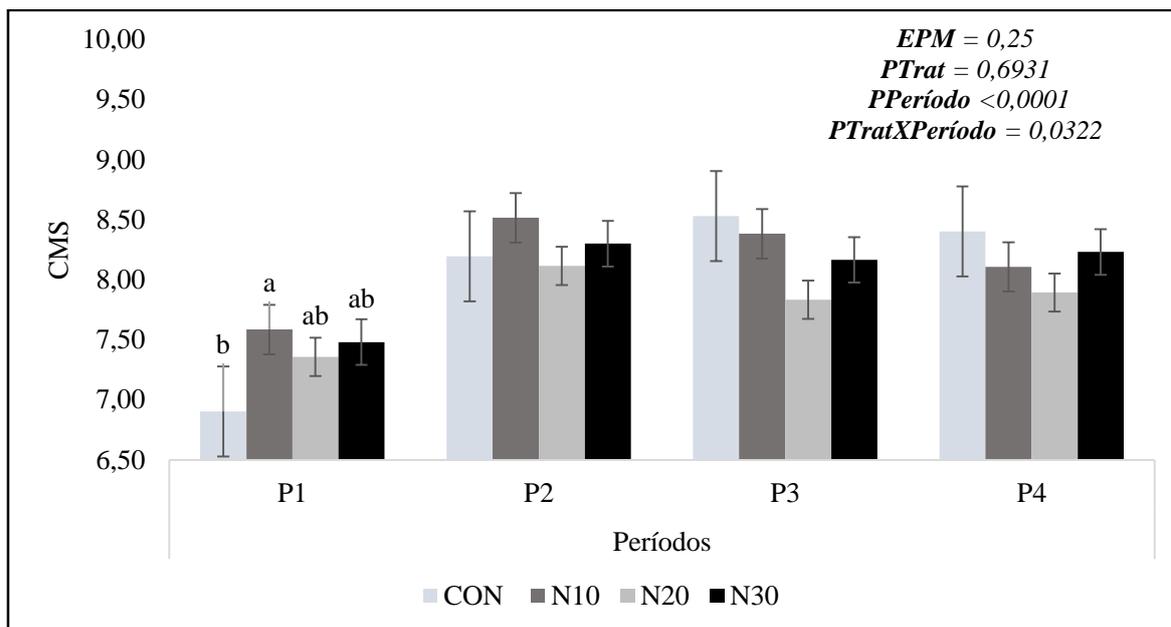
¹CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS;

²CMS: consumo de matéria seca, CMS (0-28d): período entre os dias 0 e 28; CMS (29-56d): período entre os dias 29 e 56; CMS (57-84d): período entre os dias 57 e 84; CMS (85-112d): período entre os dias 85 e 112;

³EPM: erro padrão da média.

⁴Significativo quando $\leq 0,05$.

Figura 1- Consumo de matéria seca durante o período experimental de novilhos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) recebendo as dietas experimentais.



CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS;

CMS: consumo de matéria seca, P1: período entre os dias 0 e 28; P2: período entre os dias 29 e 56; CMS P3: período entre os dias 57 e 84; P4: período entre os dias 85 e 112;

EPM: erro padrão da média.

Significativo quando $\leq 0,05$.

Limede et al., (2021) avaliaram os efeitos das doses de 13 ppm de narasina em comparação com salinomicina (20 ppm) e flavomicina (3 ppm) em dietas contendo elevado teor de volumoso, neste estudo, os autores observaram que a narasina foi capaz de aumentar o GMD, CMS e o peso corporal ao final do estudo em relação ao tratamento controle, a flavomicina e salinomicina. Estes resultados implicam que haja uma influência bastante significativa do teor de volumoso da dieta e os efeitos da narasina sobre o desempenho animal.

Polizel et al., (2020) observaram que o uso da narasina em dietas de alto concentrado para cordeiros em terminação foi capaz de aumentar a digestibilidade dos nutrientes e apresentaram maior desempenho. Tal resultado pode corroborar com o aumento no CMS constatado no presente estudo durante o primeiro período experimental para os animais que receberam narasina na dose de 10 mg/Kg de MS, no entanto, tal efeito não foi suficiente para influenciar no desempenho animal. A melhora no desempenho pode sofrer influência de diversas vias, para Polizel et al., (2020) o uso da narasina além de melhorar a digestibilidade dos nutrientes, também foi capaz de aumentar a proporção de

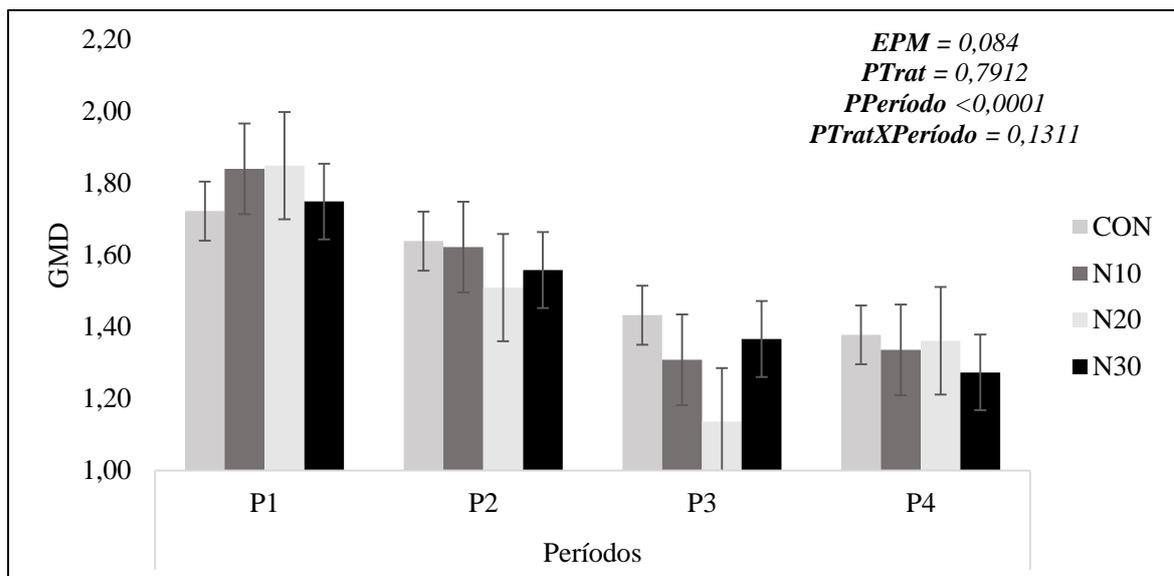
propionato, reduzindo a relação acetato:propionato, além de reduzir a quantidade de amônia no ambiente ruminal, todas estas características demonstram um aumento no aporte de energia durante a fermentação o que refletiu em aumento no GMD e na EA dos animais.

É possível observar que durante o primeiro período experimental há diferença entre o CMS dos animais que recebiam a narasina e dos animais do tratamento CON, no entanto, os tratamentos se igualaram ao longo dos períodos. Essa característica também foi observada por Baggio et al. (2023) em que os autores relataram que a narasina foi capaz de aumentar o CMS durante o período de adaptação em relação aos tratamentos que receberam monensina, diferente do observado quando a molécula foi comparada ao grupo controle.

Os resultados obtidos neste estudo e nos estudos já realizados (Polizel et al., 2016; Baggio et al., 2023) demonstram que a falta de efeito entre os tratamentos pode ser decorrente da alta densidade energética da dieta utilizada, podendo ter ocorrido certa limitação química para o CMS durante os outros períodos experimentais avaliados. Levando em consideração o mecanismo de ação da narasina com a monensina podemos considerar efeitos semelhantes, desde modo, de acordo com Duffield et al. (2012), a eficiência da monensina em dietas de terminação era capaz de proporcionar uma melhoria de cerca de 6,4%, no entanto, essa melhoria reduziu para 2,5-3,5% nas últimas décadas, levando a discussões relacionadas ao aumento da tolerância a este tipo de aditivo ao longo do tempo, a persistência no efeito da molécula quando utilizada em dietas com elevado teor energético.

Os dados observados neste estudo demonstram que apesar do CMS ter sido influenciado pelo uso da narasina e pela dose utilizada no primeiro período experimental, a mesma não foi capaz de interferir na variável GMD, demonstrando um efeito mais restrito do aditivo. Não houve efeito de tratamento ou interação tratamento*período para a variável GMD, no entanto o mesmo reduziu significativamente ($P > 0,0001$) ao longo do experimento, apresentando maior GMD durante o primeiro período experimental ($P > 0,0001$) (Figura 2).

Figura 2- Ganho médio diário durante o período experimental de novilhos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) recebendo as dietas experimentais.



CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS;

GMD: ganho médio diário, P1: período entre os dias 0-28; P2: período entre os dias 29-56; P3: período entre os dias 57-84; P4: período entre os dias 85-112;

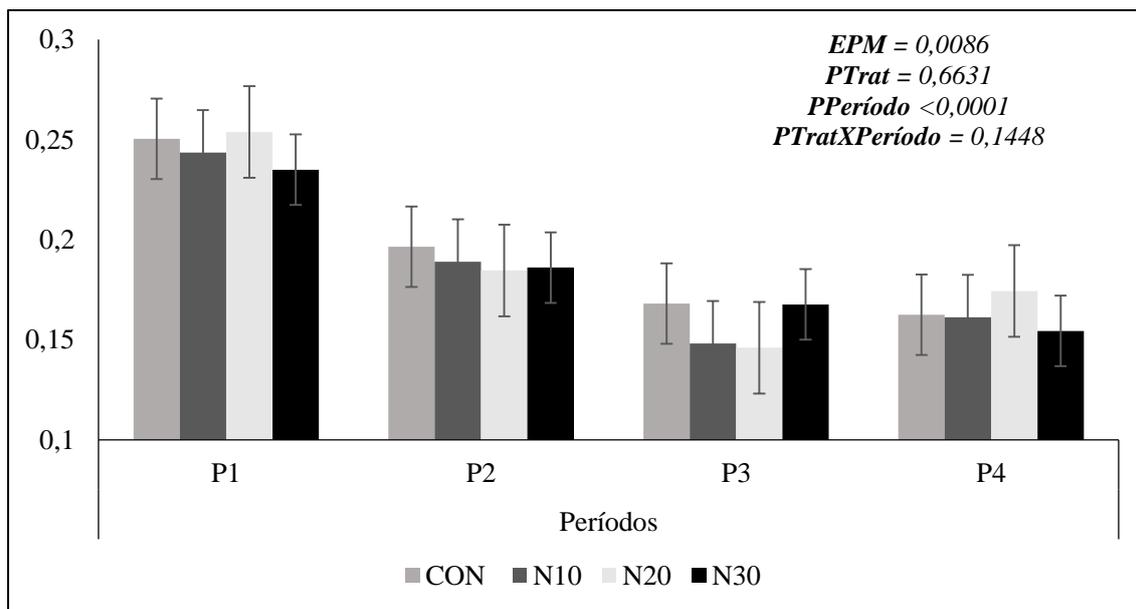
EPM: erro padrão da média.

Significativo quando $\leq 0,05$.

Em estudo realizado por Baggio et al., (2023), a narasina também não foi capaz de influenciar nas variáveis GMD e EA, apesar de ocorrer efeito de tratamento como neste trabalho, não houve interação entre tratamento e período. Gobato et al., (2017) avaliaram o desempenho de novilhas suplementadas com narasina e observaram que o uso da mesma também não afetou o GMD, apesar de ter aumentado o CMS principalmente nas fases iniciais do experimento.

Os resultados observados neste estudo mostram que a variável EA também não sofreu influência dos tratamentos e nem interação tratamento*período, no entanto, a mesma foi influenciada pelo período experimental avaliado ($P < 0,0001$), havendo redução na EA à medida que houve aumento no período experimental (Figura 3).

Figura 3- Eficiência alimentar durante o período experimental de novilhos F1 Angus X Nelore (*Bos taurus indicus*) recebendo as dietas experimentais.



CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS;

EA: eficiência alimentar, P1: período entre os dias 0-28; P2: período entre os dias 29-56; P3: período entre os dias 57-84; P4: período entre os dias 85-112;

EPM: erro padrão da média.

Significativo quando $\leq 0,05$.

Os ionóforos são uma importante ferramenta na melhora da EA, diferente do que foi observado neste estudo, a monensina foi capaz de aumentar a EA em alguns estudos já conduzidos (Zinn, 1987; Stock et al., 1990). No entanto, os resultados positivos da narasina sobre a EA foram quase em sua totalidade para animais recebendo dietas com teores mais elevados de volumoso, assim, o uso dessa molécula parece apresentar resultados mais expressivos quando utilizada em situações com maiores desafios nutricionais.

No entanto resultados obtidos por Polizel et al., (2016) demonstraram que à medida que houve aumento na dose de narasina a EA aumentou linearmente, em torno de 8% para cordeiros recebendo uma dieta com alta inclusão de concentrado, para os autores, isso pode ser explicado devido ao aumento na digestibilidade total da MO, PB e dos CNF, além, da menor relação acetato:propionato e concentração de N-NH₃. De maneira geral, o uso dos ionóforos tem como principal ação alterar o padrão fermentativo do rúmen, melhorando a eficiência no uso da energia, devido à redução de alguns processos ineficientes, como a produção de CH₄ (McGuffey et al., 2001; Ellis et al., 2012) mas em dietas contendo altos teores de concentrado esse efeito do

ionóforos pode ser reduzido, devido à alta densidade energética que essas dietas já apresentam.

É importante destacar que a dieta utilizada neste experimento apesar de possuir baixa inclusão de volumoso possuía uma quantidade significativa de polpa cítrica peletizada, um coproduto utilizado na nutrição de bovinos. A polpa cítrica é um alimento que apresenta uma alta quantidade de NDT devido, principalmente, a presença de açúcares e pectina. Entretanto, a pectina é um nutriente que durante o processo de fermentação ruminal é capazes de produzir em maiores quantidades o acetato, que por sua vez é utilizado como fonte de energia para os bovinos, essa característica de fermentação acética é capaz de ajudar a controlar o ambiente ruminal, pois não induz a produção de lactato e assim, a possível queda do pH ruminal (Gouvea, 2012).

A presença da polpa na dieta pode ter limitado o efeito do aditivo, visto que, o ambiente ruminal não passou por um desafio, devido ao equilíbrio entre a pectina e o amido da dieta, assim, mesmo mantendo uma dieta com alto teor de concentrado e com um nível de energia bastante representativo, o consumo diário de amido pelo animal ficou em níveis mais baixos, tendo amenizado o desafio nutricional para estes animais. Além disso, a polpa cítrica possui uma alta capacidade de absorção de água (Gouvea, 2012) e essa característica pode ter corroborado com um aumento do enchimento ruminal quando este alimento entrou em contato com o fluido ruminal, causando um efeito de enchimento semelhante ao de um alimento volumoso.

Dessa forma, as variações no CMS observadas ao longo do experimento e a não ocorrência de efeitos sobre o GMD e a EA também podem estar relacionadas a fatores como as características da dieta o metabolismo animal. De acordo com Van Soest (1994) o consumo de alimento pode ser limitado tanto pelas exigências nutricionais como por fatores físicos de enchimento. Assim, como a dieta experimental apresentava alto teor de concentrado pode ter ocorrido uma repressão dessa alta densidade energética da dieta sobre os possíveis efeitos que o aditivo poderia causar, visto que, os animais, não passaram por desafios nutricionais relacionados a déficit energético.

4.3 CONCLUSÕES

O uso da narasina não afetou a maior parte das variáveis avaliadas neste estudo, mas demonstrou ter um bom perfil de utilização, principalmente nas fases iniciais do confinamento devido ao aumento no CMS que a mesma causou no primeiro período experimental.

REFERÊNCIAS

AOAC. Official methods of analyses. 16th ed. Assoc. off. Anal. Chem., Washington, D.C., 1990.

BAGGIO, M.; GOUVÊA, V.N.; BARROSO, J.P.R.; MISZURA, A.A.; LIMEDE, A.C.; SOARES, L.C.B.; FERRAZ JR, M.V.C.; VICENTE, A.C.S.; FERREIRA, E.M.; MARQUES, R.S.; PIRES, A.V. Different combinations of monensin and narasin on growth performance, carcass traits, and ruminal fermentation characteristics of finishing beef cattle. Original Research, *Front. Vet. Sci*, vol. 10, 2023.

CAPPELLOZZA, B.; LASMAR, P.; REIS, F.; OLIVEIRA, L.; HOE, F.; BOEHLER, R.; LEIBOVICH, J.; STARKEY, R.; SIMAS, J.; COOKE, R. Effects of supplement type and narasin inclusion on supplement intake by *Bos indicus* beef bulls grazing a warm-season forage. *Translational Animal Science*, v.3, p.172–180, 2019.

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. *Jornal of Animal Science*, 4583-4592, 2012.

ELLIS, J. L.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A.; KEBREAB, E.; HOOK, S. E.; ARCHIBEQUE, S.; FRANCE, J. Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain-fed beef cattle. *Jornal of Animal Science*, v. 90, n. 8, p. 2717-2726, 2012.

GOBATO, L. G.; SILVA, R. G.; MISZURA, A. A.; POLIZEL, D. M.; JUNIOR, M. F.; OLIVEIRA, G. B.,... PIRES, A. V. Effects of narasina addition in mineral mixture on gain and intake of feedlot Nellore heifers. *Jornal of Animal Science*, v. 95, supplement 4, p. 266, 2017.

GOUVÊA, V. N. Processamento de grãos de milho Flint e sua substituição por polpa cítrica em dietas para tourinho Nelore terminandos em confinamento. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagem) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

LIMEDE, A.; MARQUES, R.; POLIZEL, D.; CAPPELLOZZA, B.; MISZURA, A.; BARROSO, J.; MARTINS, A.; SARDINHA, L.; BAGGIO, M.; PIRES, A. 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 Animal Science*, v.99, p.1–11, 2021.

McGUFFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. *Jornal of Dairy Science*, v. 84, p. E194E203, 2001.

MISZURA, A. A.; MARQUES, R. S.; POLIZEL, D. M.; CAPPELLOZZA, B. I.; CRUZ, V. A.; OGG, M. A.; BARROSO, J. R.; OLIVEIRA, G. B.; MARTINS, A. S.; LIMEDE, A. C.; FERREIRA, E. M.; GOUVÊA, V. N.; PIRES, A. V. Effects of lasalocid, narasin, or virginiamycin supplementation on rumen parameters and

performance of beef cattle fed forage-based diet. *Journal of Animal Science*, vol. 101, 2023.

Nutrient Requirements of Beef Cattle. NASEM, ed. 8 Animal nutrition series, 2016.

POLIZEL D. M.; WESTPHALEN, F.; MISZURA, A. A.; SANTOS, M. H.; SILVA, R. G.; BIEHL, M. V.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. Performance of lambs fed high concentrate-diets containing monensin or narasin. *Journal of Animal Science*, v. 94, Suppl. E5, p. 808, 2016.

POLIZEL, D.; CAPPELLOZZA, B.; HOE, F.; LOPES, C.; BARROSO, J.; MISZURA, A.; OLIVEIRA, G.; GOBATO, L.; PIRES, A. Effects of narasin supplementation on dry matter intake and rumen fermentation characteristics of *Bos indicus* steers fed a highforage diet. *Translational Animal Science*, v.4, p.118–128, 2020.

POLIZEL, D.; SARDINHA, L. A.; LIMEDE, A. C.; MISZURA, A. A.; BARROSO, J. P. R.; STURION, T. U.; SOARES, L. C. B.; MARQUES, R. S.; BIAVA, J. S.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V. Effect of narasin supplementation on performance of lambs fed high-forage diets. *Small Ruminant Research*, 2021.

SILVA, R.; FERRAZ JUNIOR, M.; GOUVEA, V.; POLIZEL, D.; SANTOS, M.; MISZURA, A.; ANDRADE, T.; WESTPHALEN, M.; BIEHL, M.; PIRES, A. Effect of narasin in mineral mix to Nelore heifers fed with high forage. *Journal of Animal Science*, v.93, p.118, 2015.

STOCK, R. A.; SINDT, M. H.; PARROTT, J. C.; GOEDEKEN, F. K. Effects of grain type, roughage level and monensin level on finishing cattle performance. *Journal of Animal Science*, v. 68, n. 10, p. 3441-3455, 1990.

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

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

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

5. EXPERIMENTO II. PARÂMETROS RUMINAIS E DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES EM BOVINOS RECEBENDO DOSES DE NARASINA EM DIETA COM ALTO TEOR DE CONCENTRADO

RESUMO

A narasina é um dos aditivos mais utilizados em sistemas a pasto, com bons resultados em CMS e desempenho, estudos demonstraram que a mesma não altera o CMS como a monensina, porém, gera um aumento no GMD dos animais. Contudo, os estudos envolvendo esta molécula em sistemas confinados com dietas contendo alto teor de concentrado ainda são escassos e, não há uma dose-resposta estabelecida deste aditivo para bovinos nestes sistemas de produção. Desta forma, o objetivo do estudo foi avaliar o efeito de diferentes doses de narasina sobre o consumo e os parâmetros de fermentação ruminal de bovinos confinados recebendo uma dieta com alto teor de concentrado. Foram utilizados 28 bovinos Nelore, machos, não castrados com idade em torno de 22 meses e peso médio de $468 \pm 12,76$ Kg. Os animais foram divididos em 4 tratamentos, sendo CON: controle negativo, sem inclusão de aditivos alimentares, N10: 10 mg/Kg de MS de narasina, N20: 20 mg/Kg de MS de narasina e N30: 30 mg/Kg de MS de narasina. Os animais foram pesados ao início do experimento e o delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados (N 7). Os animais recebiam uma dieta basal composta por bagaço de cana *in natura*, milho moído, polpa cítrica peletizada, grãos de destilaria de milho (DDG), mix mineral e ureia, os mesmos tinham acesso *ad libitum* a dieta e água, sendo permitida sobra de cerca de 5% em relação a oferta. O experimento teve duração de 28 dias e, as colheitas de líquido ruminal foram realizadas nos respectivos horários (hora 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21) após o fornecimento da dieta, nos dois últimos dias de experimento. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.3 e durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado efeito significativo quando $P \leq 0,05$. O consumo de nutrientes e digestibilidade aparente dos nutrientes não sofreram influência dos tratamentos avaliados. A produção dos AGCC como Acetato ($P = 0,17$; $P = 0,96$), Propionato ($P = 0,87$; $P = 0,90$), Isobutirato ($P =$

0,34; $P = 0,09$), Butirato ($P = 0,11$; $P = 0,80$), Isovalerato ($P = 0,26$; $P = 0,29$), Valerato ($P = 0,81$; $P = 0,99$) não sofreu efeito de tratamentos e também não houve interação tratamento*hora, respectivamente. Ademais, não houve efeito ou interação para a produção total de AGCC e N-NH₃ ($P = 0,73$ e $P = 0,58$) a produção de todos os AGCC sofreu somente efeito de hora de colheita ($P < 0,0001$). O pH ruminal também foi avaliado a partir do líquido ruminal em todos os horários de colheita e, o mesmo também não sofreu efeito de tratamentos ($P = 0,91$) ou interação ($P = 0,64$) e, somente foi influenciado pela hora de colheita ($P < 0,0001$). Desta forma, podemos concluir que o uso da narasina não interferiu nas variáveis de CMS, digestibilidade aparente dos nutrientes e nos parâmetros ruminais em bovinos de corte recebendo dieta com alto teor de concentrado.

Palavras-chave: concentrado, consumo, doses, narasina.

5.1 INTRODUÇÃO

Desde o início das pesquisas desenvolvidas pelo nosso laboratório com a molécula de narasina em animais ruminantes, diversos estudos foram realizados afim de entender o comportamento da molécula principalmente na espécie ovina (Polizel et al., 2016a; Polizel et al., 2016b; Martins et al., 2018; Sardinha et al., 2020) e bovina (Gobato et al., 2017; Oliveira, 2018; Limede et al., 2021; Soares et al., 2021; Baggio et al., 2023; Miranda et al., 2023; Miszura et al., 2023).

A narasina foi capaz de melhorar o desempenho de cordeiros recebendo uma dieta com 90% de concentrado, gerando efeito linear no GMD e superando os resultados obtidos com a monensina, possivelmente estes resultados foram consequência do efeito positivo da molécula na produção de AGCC, visto que, houve acréscimo na proporção de propionato, reduzindo a relação acetato:propionato, melhorando o metabolismo energético do animais (Polizel et al., 2016b).

De maneira geral, a eficiência de produção dos ruminantes está diretamente relacionado à fermentação ruminal e aos processos metabólicos envolvidos com a fermentação. Assim, a manipulação da fermentação ruminal é uma estratégia extremamente interessante para melhorar o desempenho produtivos destes animais. Deste modo, o uso da narasina e de outros ionóforos provoca uma seleção de bactérias, que, conseqüentemente alteram os padrões de fermentação, principalmente, devido ao efeito sobre a produção de AGCC, aumentando a proporção de propionato e reduzindo o acetato e o butirato (Richardson et al., 1976). Sendo alterações que conferem vantagens que expressam melhora no metabolismo energético destes animais, incluindo o aumento na EA e no GMD (McGuffey et al., 2001).

O uso de ionóforos em animais ruminantes recebendo dietas com maiores teores de concentrado é bastante comum, havendo uma grande quantidade de estudos avaliando seus efeitos em combinação com os mais diversos tipos de dietas (Tedeschi et al., 2003). No entanto, os resultados envolvendo a molécula de narasina para bovinos recebendo dietas com elevado teor de concentrado ainda é pouco estudado e apresenta resultados bastante divergentes.

Dessa forma, os objetivos deste estudo foram avaliar os efeitos sobre os parâmetros ruminais e a digestibilidade aparente de bovinos recebendo diferentes doses de narasina em dieta com alto teor de concentrado.

5.2 Materiais e métodos

Este estudo foi revisado e aprovado pelo Comitê Institucional de Uso e Cuidado de Animal da ESALQ/USP (Universidade de São Paulo, protocolo N° 7864310123)

5.2.1 Animais e instalações experimentais

O experimento foi realizado 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). Foram utilizados 28 touros Nelore, machos, não castrados com idade em torno de 22 ± 1 meses e peso médio de $468 \pm 12,76$ kg. Os animais foram alojados em baias individuais com comedouros e bebedouros e piso de concreto.

5.2.2 Delineamento e período experimental

Os animais foram alojados em baias individuais e o delineamento experimental foi o de blocos completos casualizados, onde 28 novilhos foram distribuídos em função do peso corporal aleatoriamente em quatro grupos de tratamentos com 7 repetições. A distribuição para os tratamentos foi realizada a partir do peso corporal obtido na pesagem em jejum hídrico e alimentar do D0, assim, os animais foram ordenados de leves a pesados em 4 grupos de tratamento:

- CON: sem adição de aditivo (controle negativo);
- N10: 10 mg / Kg de MS de narasina;
- N20: 20 mg / Kg de MS de narasina;
- N30: 30 mg / Kg de MS de narasina;

O experimento teve duração de 28 dias, sendo 21 dias dedicados a adaptação dos animais a dieta e ao ambiente experimental, 5 dias para o ensaio de digestibilidade aparente por meio da técnica de colheita total e 2 dias para as colheitas de líquido ruminal e fezes retal.

5.2.3 Tratamentos e manejo alimentar

A mesma dieta basal foi ofertada para todos os animais, no entanto, os tratamentos que recebiam narasina, além de passarem por uma mistura primária em vagão misturador que era feita para produzir uma dieta basal, passavam por uma segunda mistura para homogeneização do aditivo à sua respectiva quantidade em betoneira.

De maneira geral, era feita uma dieta basal em vagão misturador e depois essa dieta era fracionada em quatro, visto que os três tratamentos que continham narasina passavam por uma mistura secundária em betoneira. Para realizar a produção da dieta de cada tratamento uma quantidade conhecida da dieta basal era pesada e colocada novamente para mistura em betoneira, no entanto, neste momento, o aditivo por meio de um veículo (milho moído) era incorporado a dieta e a mesma passava por um segundo período de mistura. Esse processo era realizado para cada tratamento, de acordo com a quantidade de trato necessária para os respectivos animais do mesmo. Ao fim de cada um desses processos a betoneira utilizada para mistura era higienizada e, como regra sempre iniciávamos a produção dessa batida secundária a partir do tratamento N10, pois era o que possuía a menor quantidade de narasina, afim de evitar contaminação.

É importante destacar que somente as dietas dos tratamentos que continham narasina passavam por essa mistura secundária, pois eram os únicos que precisavam que o aditivo fosse incorporado a dieta. Era feita uma padronização entre a quantidade da dieta basal a ser mistura com o aditivo para todos os tratamentos, afim de evitar uma despadronização da mistura entre os mesmos, desta forma, somente a quantidade da narasina era alterada entre as dietas dos respectivos tratamentos.

A dieta foi formulada utilizando o pacote de formulação de dietas NASEM (2016) e, era composta por bagaço de cana *in natura*, milho moído, polpa cítrica

peletizada, grãos de destilaria de milho (DDG), mix mineral e ureia, ademais foi realizada a composição bromatológica da dieta experimental e dos alimentos (Tabela 7). A mistura primária de toda a dieta basal era realizada em vagão misturador (Delaval®, Münchrütistrasse, Suíça) diariamente, após isso, os aditivos eram adicionados às respectivas dietas, para posterior pesagem em balança eletrônica com precisão de 50 gramas (Welmy, W300, Santa Bárbara d'Oeste, SP, Brasil). A dieta total era fornecida a todos os animais por volta das 08:00h.

Os animais tiveram acesso “*ad libitum*” ao alimento e água, sendo permitida sobra de cerca de 5% em relação a oferta. A oferta da dieta total era ajustada diariamente de acordo com a sobra quantificada em relação a oferta do dia anterior, era realizada uma leitura de cocho individual para garantir oferta adequada para todos os animais e as sobras eram coletadas, pesadas a amostradas diariamente.

Tabela 5- Composição química dos ingredientes e da dieta experimental.

Item ¹	Dieta experimental e ingredientes				
	Dieta experimental	Bagaço de cana-de- açúcar	Milho moído	Polpa cítrica	DDG
MS%	80,92	52,39	87,39	89,95	86,74
MO%	91,31	92,32	98,39	93,13	94,94
MM%	8,69	7,68	1,61	6,87	5,06
PB%	15,41	2,45	10,45	8,5	38,19
FDN%	23,33	85,61	14,13	23,13	34,5
FDA%	11,98	56,91	3,25	15,74	9,64
EE%	2,93	2,03	4,92	2,42	7,29

¹MS: matéria seca; PB: proteína bruta; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; EE: extrato etéreo.

5.2.4 Digestibilidade aparente de nutrientes

Durante cinco dias foi realizada a avaliação da digestibilidade (D22-D26), neste período foi feita a colheita total das fezes produzidas por cada animal, sendo quantificada diariamente e coletada uma amostra de cerca de 10% do total para compor uma amostra composta que foi armazenada a -18°C para posterior análise. Estas fezes passaram apenas pela análise de MS para quantificação do volume produzido, visto que, dessa amostra não é realizada a

análise química completa devido a contaminação que pode ocorrer pelo contato, principalmente, com a urina e a dieta.

No entanto, durante os dois últimos dias de experimento foram realizadas as colheitas de líquido ruminal e fezes retal. Estas fezes são as que passam por todas as análises químicas para quantificação dos nutrientes presentes e, posterior cálculo de digestibilidade.

As amostras de oferta, sobra e fezes colhidas e armazenadas durante todo o período de digestibilidade foram analisadas no LNRA do Departamento de Zootecnia da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP). Estas amostras foram secas em estufa (Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a 55°C por 72 horas para cálculo da MS1, depois passaram pelo processo de moagem em moinho do tipo Wiley (Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) em peneira com crivos de 1mm e posteriormente foram submetidos a segunda secagem em estufa (Marconi, Piracicaba, São Paulo, Brasil) a 105°C por 24 horas para obtenção do valor da MS2.

A MM foi feita por meio da incineração das amostras em mufla (Stecno 416 – Stecno fornos e equipamentos, São Paulo, São Paulo, Brasil) a 600°C por 4 horas (AOAC, 1990). A análise da concentração total de nitrogênio foi realizada pelo aparelho LECO Tru Mac/N (Nitrogen Determinator, version 1,5x, St. Joseph, EUA), a partir da quantificação do nitrogênio, o cálculo para PB foi feito através da multiplicação do N total por 6,25. A fração fibrosa foi analisada pelo método sequencial, utilizando alfa-amilase termoestável e sulfito de sódio para análise de FDN de acordo com Van Soest et al. (1991) e a FDA de acordo com Goering & Van Soest (1970), utilizando o analisador de fibra da Ankon 2000 (Ankon Tech. Corp., Fairport, NY, EUA).

A digestibilidade aparente dos nutriente foi calculada seguindo a respectiva fórmula:

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

Onde: DATT = digestibilidade aparente do trato total; MSC = matéria seca consumida; NMS = porcentagem do nutriente na matéria seca consumida; MSF = matéria seca fecal; NMF = porcentagem do nutriente na matéria seca fecal.

5.2.5 Colheita e análise do fluido ruminal

As colheitas de líquido ruminal foram realizadas nos respectivos horários (hora 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 e 21) após o fornecimento da dieta. Essas colheitas são realizadas em dois dias consecutivos, sendo que no primeiro dia são realizadas as colheitas das horas 0, 6, 12 e 18 e no segundo as colheitas das horas 3, 9, 15 e 21. Os horários são definidos em função da hora em que a dieta e, conseqüentemente, o respectivo tratamento era oferecido aos animais. Dessa forma, a primeira colheita (hora 0) foi realizada no momento anterior a oferta de alimento e assim sucessivamente. As colheitas foram organizadas dessa forma para facilitar e para evitar o manejo contínuo dos animais, o que pode interferir nos seus níveis de estresse e no consumo voluntário dos mesmos. O conteúdo ruminal foi colhido e filtrado em tecido de nylon de 150 micras, obtendo cerca de 100 mL de fluido, o qual era rapidamente levado ao laboratório para determinação do pH por meio de um pHmêtro digital (Digimed DM20). As amostras foram armazenadas por hora em microtubo tipo eppendorf, para cada colheita e hora, totalizando 224 amostras.

Para determinar os AGCC, 1,6 mL do fluido ruminal foi adicionado de 0,4 mL de solução 3:1 de ácido 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 15.000g, durante 15 minutos e a 4°C. Após esse processo o extrato sobrenadante ($\pm 1,2$ mL) de cada amostra foi transferido para vials cromatográficos. Dessa amostra, foi injetado automaticamente pelo sistema, 1 μ L em cromatógrafo gasoso (CG HP 7890A; Injetor HP 7883B, Agilent Technologies) equipado com uma coluna capilar HP-FFAP (1909F-112; 25 m; 0,32 mm; 0,5 μ m; JeW Agilent Technologies). O gás de arraste utilizado foi o H₂, mantido em fluxo de 31,35 mL/min. A temperatura do sistema foi mantida em 260°C. A análise levou um tempo total de 16,5 min, que foram divididos em três etapas de aquecimento, sendo, 80°C (1min), 120°C (20°C/min; 3 min) e 205°C (10°C/min; 2 min). A concentração dos AGCC (mM) foi determinada de acordo com a curva de calibração externa.

O método calorimétrico descrito por Chaney & Marbach (1962) foi utilizado para a determinação da concentração de N-NH₃, sendo adaptado para um leitor

de microplaca (BIO – RAD, Hercules, CA), utilizando filtro de absorvância 550 nm. A determinação da quantidade de N-NH₃ em cada amostra foi feita com base em curva de calibração externa feita a partir de soluções padrões.

5.2.6 Análises estatísticas

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o procedimento MIXED do SAS 9.3. 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 respeitou algumas das premissas estatísticas foi submetido as transformações logarítmicas, inversa ou raiz quadrada.

Para as variáveis AGCC, N-NH₃ e pH que foram avaliadas ao longo das horas, o modelo estatístico empregado foi: $Y_{ijk} = \mu + D_i + b_j + e_{ij} + H_k + (bH)_{jk} + (TH)_{ik} + e_{ijk}$, onde μ = média geral; D_i = efeito fixo da dieta; b_j = efeito aleatório de bloco; e_{ij} = erro residual A; H_k = efeito fixo de hora; $(bH)_{jk}$ = efeito aleatório da interação bloco x hora; $(DH)_{ik}$ = efeito fixo da interação dieta x hora e, e_{ijk} = erro residual B. As matrizes de covariância “compound symmetry, heterogeneous compound symmetry, autoregressive, heterogeneous autoregressive, unstructured, banded, variance componentes, toeplitz e heterogeneous toeplitz” serão testados e definidas de acordo com o menor valor obtido para “Akaike’s Information Criterion” (AIC).

A digestibilidade aparente dos nutrientes foi analisada com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \mu + D_i + b_j + e_{ij}$, em que μ = média geral; D_i = efeito fixo da dieta; b_j = efeito aleatório de bloco e, e_{ij} = erro residual. O bloco foi incluído como efeito aleatório.

Foi realizada a ANOVA para todas as variáveis avaliadas e as médias foram obtidas através do comando LSMEANS. O efeito de período e interação tratamento vs período foi definida com base no teste F. Durante a interpretação e discussão dos resultados foi adotado efeito significativo quando $P \leq 0,05$.

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os dados referentes ao consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes podem ser encontrados na Tabela 6. Neste estudo, não foram identificados efeitos decorrentes do uso de narasina ou das doses avaliadas nos parâmetros de consumo e digestibilidade dos nutrientes. Resultados semelhantes foram observados em outras pesquisas que investigaram dietas com elevado teor de concentrado (Polizel et al., 2016b; Gobato et al., 2017; Baggio et al., 2023).

Tabela 6- Consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes em bovinos Nelore (*Bos indicus*) recebendo narasina em dieta contendo alto teor de concentrado.

Variáveis ¹	Tratamentos ²				EPM ³	Valor de P ⁴ Tratamentos
	CON	N10	N20	N30		
Consumo, kg/dia						
MS	7,66	7,45	7,50	7,02	0,69	0,9115
MO	7,22	7,00	6,74	6,60	0,64	0,8953
FDN	1,89	1,91	1,95	1,95	0,17	0,9922
FDA	0,96	0,96	1,14	1,03	0,09	0,4101
PB	1,08	1,11	1,09	1,02	0,10	0,9171
Digestibilidade, %						
MS	74,99	74,74	72,70	78,65	3,18	0,2941
MO	77,16	76,53	73,29	80,85	2,24	0,1123
FDN	56,17	58,05	56,14	65,29	3,90	0,2616
FDA	57,26	55,81	62,39	66,89	3,96	0,1637
PB	67,11	69,34	64,76	74,00	3,16	0,1769

¹MS: matéria seca; MO: matéria orgânica; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; PB: proteína bruta;

²CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS;

³EPM: erro padrão da média.

⁴Significativo quando $\leq 0,05$.

Segundo Rodrigues et al. (2001) a digestibilidade aparente dos nutrientes pode ser afetada por fatores como o consumo voluntário, enchimento ruminal e taxa de passagem. Assim, Bedo et al., (1990) avaliaram o uso dos ionóforos sobre a digestibilidade e mostraram resultados muito variáveis. Em estudo realizado por Zinn et al. (1994), os autores não observaram efeito do uso dos ionóforos sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes independente do teor de fibra presente na dieta. Da mesma forma, Polizel et al. (2020) também não

observaram diferenças na digestibilidade aparente dos nutrientes em bovinos Nelore recebendo narasina em dietas com alto teor de forragem. Baggio et al. (2023) também não observaram efeito do uso da monensina e da narasina para bovinos alimentados com teores mais elevados de concentrado na dieta. De acordo com Russel. (1987) a melhora na digestibilidade dos nutrientes pode ser decorrente de uma mudança na microbiota, capaz de torna-la mais eficiente ou ainda pelo aumento no tempo de permanência da dieta no rúmen (Ellis et al., 1984).

Aliado aos dados de consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes, os parâmetros ruminiais, principalmente, a proporção dos AGCC podem nos auxiliar a entender os efeitos da dieta sobre os animais. Neste estudo os tratamentos não afetaram a proporção molar dos ácidos acético ($P = 0,18$), propiônico ($P = 0,87$), butírico ($P = 0,11$), isobutírico ($P = 0,34$), isovalérico ($P = 0,26$) e valérico ($P = 0,81$), além de não ter afetado a produção total de ácidos, a relação acetato:propionato, o pH ruminal e a produção de amônia (Tabela 7).

Tabela 7- Concentração molar dos AGCC, relação acetato:propionato, total de AGCC, pH e N-NH₃ em bovinos Nelore (*Bos indicus*) recebendo narasina em dieta com alto teor de concentrado.

Variáveis	Tratamentos ¹				EPM	Valor de P		
	CON	N10	N20	N30		Trat	Hora	TxH
AGCC, mM/100Mm								
Acetato	57,14	57,59	56,66	53,66	4,95	0,1674	<0,0001	0,9625
Propionato	25,58	27,21	28,10	31,46	4,18	0,8684	<0,0001	0,9007
Butirato	12,68	10,93	11,31	10,38	1,39	0,1128	<0,0001	0,8057
Isobutirato	0,43	0,47	0,36	0,43	0,07	0,3363	0,3018	0,0943
Isovalerato	1,63	1,25	1,22	1,17	0,31	0,2616	0,0053	0,2947
Valerato	2,53	2,55	2,34	2,91	0,48	0,8130	<0,0001	0,9956
Total, mM	110,89	111,25	106,06	103,17	9,40	0,7268	<0,0001	0,9621
C2:C3	2,41	2,28	2,07	1,75	0,25	0,1815	<0,0001	0,2222
pH médio	5,66	5,62	5,71	5,67	0,13	0,9198	<0,0001	0,6430
N-NH ₃ , mg/dl	9,96	7,35	8,07	9,20	2,60	0,5772	<0,0001	0,1504

¹CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS;

²Proporção molar dos AGCC; total de AGCC; relação acetato:propionato, pH e N-NH₃ mg/dL;

³Trat: efeito de tratamento; Hora: efeito de hora de colheita; TxH: efeito de interação entre tratamento e hora;

⁴EPM: erro padrão da média;

⁵Significativo quando $\leq 0,05$.

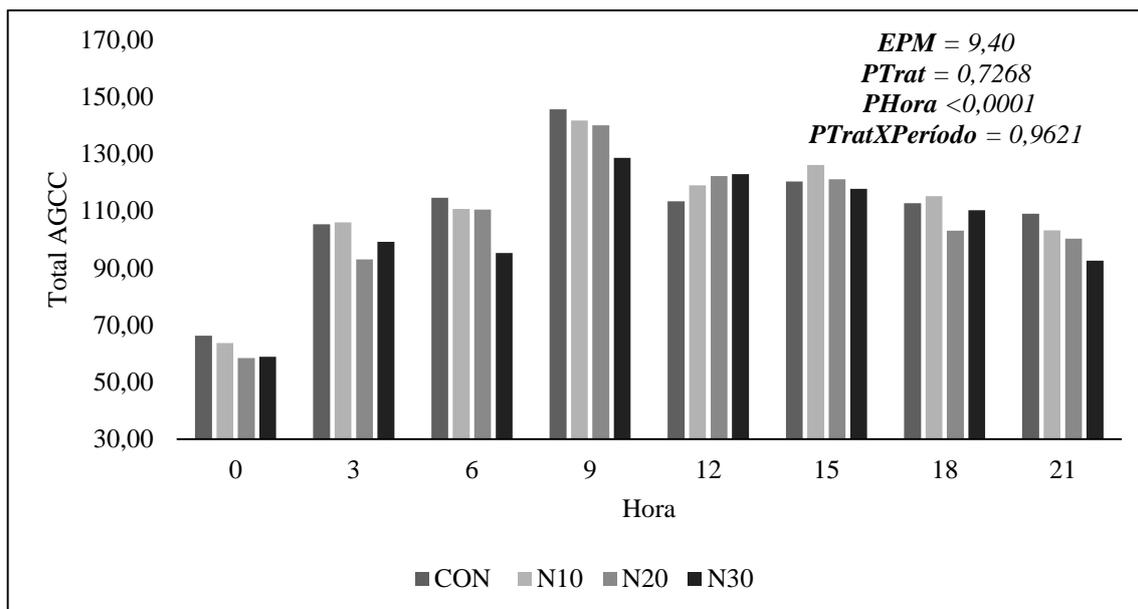
Comumente os aditivos ionóforos, principalmente a narasina e a monensina possuem um efeito positivo sobre a proporção molar dos AGCC's, aumentando a produção de propionato e, conseqüentemente, reduzindo a relação C2:C3 (Ellis et al., 2012; Polizel et al., 2020; Limede et al., 2021), estes efeitos corroboram com um aumento na energia metabolizável disponível (Bergen & Bates, 1984) e, conseqüentemente, podem melhorar o GMD e a EA dos animais (Duffield et al., 2012). No entanto, tal efeito não foi observado no presente estudo, corroborando com os dados obtidos no experimento I. Em estudo realizado por Polizel et al. (2017) avaliaram a monensina (25 mg/kg de MS) e narasina (10 e 20 mg/kg de Ms) durante adaptação abrupta a dietas com 90% de concentrado e nenhum dos aditivos causou efeitos na produção de AGCC.

Não houve diferença no pH ruminal entre os tratamentos avaliados, desta forma, a narasina não foi capaz de controlar o pH ruminal em nenhuma das doses testadas. Esses dados divergem dos esperados, visto que, o uso de ionóforos em dietas com alto teor de concentrado é capaz de controlar a população de bactérias produtoras de lactato, que são as principais responsáveis pela redução no pH ruminal (Russel & Strobel, 1989). Contudo, vale ressaltar que a redução no pH não é somente consequência da presença do lactato no ambiente ruminal, pois, todos os AGCC produzidos possuem certo poder de acidificação e, a depender do tempo de retenção no rúmen, também são capazes de reduzir o pH, principalmente nos momentos de fermentação mais ativa (Antunes & Rodriguez, 2006). Dados *in vitro* demonstraram que a narasina possui maior eficácia em relação a outros aditivos em reduzir a produção do ácido láctico que possui íntima relação com o pH ruminal (Nagaraja et al., 1987), no entanto, esta característica não foi observada neste estudo.

Alguns estudos demonstraram que a narasina é capaz de reduzir a concentração de amônia no rúmen (Polizel, 2017; Miszura et al., 2018) devido à redução na deaminação que ocorre no ambiente ruminal (Bergen & Bates, 1984), no entanto, neste estudo não foi observado tal efeito. Em estudos conduzidos por Limede et al. (2021) com alto teor de forragem e por Baggio et al. (2023) com alto teor de concentrado a narasina também não causou efeito sobre a produção N-NH₃ no rúmen.

Foi observado efeito da hora de colheita em relação a todas as variáveis analisadas (Figura 4), no entanto, não houve efeito de tratamento ou interação tratamento e hora para nenhuma das variáveis.

Figura 4- Produção total de ácidos graxos de cadeia curta durante os horários de colheita em bovinos Nelore (*Bos indicus*) recebendo as dietas experimentais.



CON: dieta controle sem adição de narasina; N10: 10 mg/Kg de MS; N20: 20 mg/Kg de MS; N30: 30 mg/Kg de MS; Total de AGCC;

Trat: efeito de tratamento; Hora: efeito de hora de colheita; TxH: efeito de interação entre tratamento e hora;

EPM: erro padrão da média;

Significativo quando $\leq 0,05$.

A variação nos parâmetros ruminiais avaliados de acordo com a hora de colheita já era um efeito esperado, visto que, todas as variáveis sofrem influência da fermentação dos nutrientes no rúmen, à medida que os nutrientes estão sendo fermentados os coprodutos estão sendo liberados, assim, a variação, é dependente do tempo de colonização e ação dos microrganismos sobre os nutrientes da dieta (Antunes e Rodriguez, 2006).

Estudos recentes tem sido conduzidos avaliando o efeito dos ionóforos, principalmente a monensina sobre a microbiota ruminal, buscando entender mais ativamente os efeitos deste aditivo sobre a população de microrganismos do rúmen. Para Duffield et al. (2012) os efeitos positivos deste aditivo já tinham

sofrido uma redução de eficiência, visto que, inicialmente, a monensina proporcionava melhorias de cerca de 6% na eficiência dos animais e nas últimas décadas isso reduziu para cerca de 3%. Recentemente, a busca por entender melhor a reação da população de microrganismos sobre os aditivos ionóforos proporcionou um melhor entendimento dos seus efeitos sobre o desempenho do animal, visto que, há uma relação de dependência entre todo o processo de fermentação ruminal e o desempenho que o animal expressa.

De acordo com Chai et al. (2024) a monensina possuiu capacidade em reduzir a diversidade da microbiota ruminal em um curto período de tempo, detalhadamente, a mesma proporcionou um aumento relativo na abundância do gênero *Prevotella* em pontos específicos de colheita, semelhantes aos encontrados por Ogunade et al. (2018). No entanto, há controvérsias em relação a resposta dos microrganismos a monensina, para Melchior et al. (2018) avaliando a microbiota de novilhas que receberam monensina constataram que a mesma não foi capaz de causar alterações no microbioma ruminal após 70 dias de uso com uma dosagem média de 368 mg/vaca/dia e, estes autores também constataram que o controle da população de bactérias gram-positivas não é tão específico e realmente fidedigno ao esperado mas, que na verdade, o aditivo influencia mudanças mais sutis nas espécies bacterianas, trabalhando a nível de cepa bacteriana. No entanto, pontos de colheitas mais tardios realmente não apresentaram diferenças na microbiota em relação a pré-suplementação com monensina, reforçando a ideia de uma remodelagem da microbiota ruminal a partir de uma série de processos de sucessão (Guo et al., 2022; Chai et al., 2024).

De acordo com meta-análise realizada por Gadberry et al. (2022) a resposta média da monensina sobre o desempenho de bovinos recriados a pasto segue a seguinte equação resposta (aumento de peso kg/dia) = $0,1459 - 0,0007 \cdot (\text{duração do estudo})$, demonstrando que para cada dia de duração do estudo a resposta em GMD reduz 0,0007 kg, no entanto, a resposta final a monensina apresentou um aumento de 10,5% em relação ao GMD do grupo controle. De acordo com os mesmos autores o desempenho do aditivo não foi influenciado pela variação na composição da forragem ao longo dos estudos, demonstrando efeito independente da qualidade da forragem. Para Duffield et al. (2012) a redução da resposta em ganho de eficiência da monensina na

terminação de bovinos sofre grande influência das mudanças que ocorreram nas dietas utilizadas nestes sistemas.

Ademais, Gou et al. (2022) demonstraram que o efeito da monensina na diversidade alfa bacteriana é dependente do tempo e que essa redução foi reestabelecida após 30 dias de tratamento. Estes dados nos ajudam a entender também os resultados obtido por McGarvey et al. (2018) em que vacas leiteiras tiveram a diversidade bacteriana do rúmen reduzida com 20 dias de tratamento, enquanto para Jia et al. (2018) ao avaliarem o uso do mesmo aditivo para cordeiros, observaram que após 60 dias de tratamento a diversidade bacteriana permaneceu inalterada. De acordo com estes mesmos autores no dia 10 do tratamento com monensina, ocorreu o início do desenvolvimento de uma comunidade bacteriana ruminal com grandes flutuações, que posteriormente convergiu para uma microbiota mais estável ao longo do período de estudo, no entanto, uma pequena parcela de bactérias não se estabilizou após 50 dias de adaptação, sugerindo que estabelecer um novo equilíbrio populacional pode levar mais de duas semanas.

Gou et al. (2022) também constatou que os padrões de ação da monensina sobre população bacteriana não é definitivamente sobre as bactérias gram-positivas, além disso, a proporção de bactérias gram-negativas sensíveis a monensina, em proporção foi maior que a de bactérias gram-positivas, dessa forma, foi possível observar que a susceptibilidade bacteriana a monensina é mais complexa e que pode ser definida até mesmo a nível de cepa. Assim, a sucessão de população microbiana presente quando ocorre o tratamento com monensina são mais provavelmente explicados pela competição por nicho de nutrientes. De maneira geral, a capacidade de adaptação da microbiota ruminal ao aditivo foi constatada e as bactérias degradadoras de carboidratos apresentam a maior adaptabilidade.

Assim, pensando em mecanismos de ação semelhantes entre a monensina e a narasina, pode-se pensar em efeitos semelhantes neste estudo em específico. Ademais, teores elevados de concentrado na dieta podem ter corroborado para a redução nos efeitos do aditivo testado, havendo uma grande disponibilidade de nutrientes facilmente disponíveis para o processo de fermentação.

5.4 CONCLUSÕES

As doses de narasina não influenciaram nos parâmetros ruminais, consumo e digestibilidade aparente dos nutrientes em bovinos recebendo dieta com alto teor de concentrado. Demonstrando que a narasina possui um efeito bastante dependente do tipo de dieta utilizada.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, R. C.; RODRIGUEZ, N. M. Metabolismo dos carboidratos não estruturais. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Nutrição de Ruminantes. FUNEP, Editora Gráfica, Jaboticabal, 2006.

AOAC. Official methods of analyses. 16th ed. Assoc. off. Anal. Chem., Washington, D.C., 1990.

BAGGIO, M.; GOUVÊA, V.N.; BARROSO, J.P.R.; MISZURA, A.A.; LIMEDE, A.C.; SOARES, L.C.B.; FERRAZ JR, M.V.C.; VICENTE, A.C.S.; FERREIRA, E.M.; MARQUES, R.S.; PIRES, A.V. Different combinations of monensin and narasin on growth performance, carcass traits, and ruminal fermentation characteristics of finishing beef cattle. Original Research, *Front. Vet. Sci*, vol. 10, 2023.

BEDO, S.; BODIS, A.; RAVASZ, I. Improvement of digestibility with monensin? *Krafftfutter*, n. 2, p. 62-66, 1990.

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

CHAI, J.; WEISS, C. P.; BECK, P. A.; ZHAO, W.; LI, Y.; ZHAO, J. Diet and monensin influence the temporal dynamics of the rumen microbiome in stocker and finishing cattle. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2024.

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chemistry*, v. 8, n. 7, p. 1041-1045, 1962.

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*, 4583-4592, 2012.

ELLIS, J. L.; DIJKSTRA, J.; BANNINK, A.; KEBREAB, E.; HOOK, S. E.; ARCHIBEQUE, S.; FRANCE, J. Quantifying the effect of monensin dose on the rumen volatile fatty acid profile in high-grain-fed beef cattle. *Journal of Animal Science*, v. 90, n. 8, p. 2717-2726, 2012.

ELLIS, W. C.; HORN, G. W.; DELANEY, D.; POND, K. R. Effects of ionophore on grazed forage utilization and their economic value for cattle on wheat pasture. In: Horn, G. W. (Ed), *Proceedings. National Wheat Pasture Symposium*. Oklahoma State University, p. 343-355, 1984.

GADBERRY, S.; LALMAN, D.; WHITE, F.; LINNEEN, S.; BECK, P. Meta-analysis of the effects of monensin on growth and bloat of cattle on pasture. *Translation Animal Science*. 2022.

GOBATO, L. G.; SILVA, R. G.; MISZURA, A. A.; POLIZEL, D. M.; JUNIOR, M. F.; OLIVEIRA, G. B.,... PIRES, A. V. Effects of narasina addition in mineral mixture on gain and intake of feedlot Nellore heifers. *Journal of Animal Science*, v. 95, supplement 4, p. 266, 2017.

GOERING, H. K.; VAN SOEST, P. J. Forage Fiber Analysis (Apparatus, Reagents, Procedures and Some Applications). Agriculture Handbook. No, 379. Agriculture Research Service. US Dept. Agric., Washington, DC, 1970.

GUO, X.; LIU, Y.; JIANG, Y.; YAO, J.; LI, Z. Ruminal bacterial community successions in response to monensin supplementation in goats. *Animals (Basel)*, 2022.

JIA, P.; CUI, K.; MA, T.; WAN, F.; WANG, W.; YANG, D.; WANG, Y.; GUO, B.; ZHAO, L.; DIAO, Q. Influence of dietary supplementation with *Bacillus licheniformis* and *Saccharomyces cerevisiae* as alternatives to monensin on growth performance, antioxidant, immunity, ruminal fermentation and microbial diversity of fattening lambs. *Sci. Rep.*, 8, 16712, 2018.

LIMEDE, A.; MARQUES, R.; POLIZEL, D.; CAPPELLOZZA, B.; MISZURA, A.; BARROSO, J.; MARTINS, A.; SARDINHA, L.; BAGGIO, M.; PIRES, A. Effects of supplementation with narasin, salinomycin, or flavomycin on performance and ruminal fermentation characteristics of *Bos indicus* Nelore cattle fed with forage-based diets. *Journal Animal Science*, v.99, p.1–11, 2021.

MARTINS, A. S.; POLIZEL, D.; FERRAZ JR, M. V.; MISZURA, A.; BARROSO, J. P. R.; GOBATO, L.; OLIVEIRA, G.; BERTOLONI, A.; PIRES, A. V. Narasin improves milk production of ewes. *Journal of Animal Science*, v. 96, Suppl. S3 p. 478, 2018.

MCGARVEY, J. A.; PLACE, S.; PALUMBO, J.; HNASKO, R.; MITLOEHNER, F. Dosage-dependent effects of monensin on the rumen microbiota of lactating dairy cattle. *MicrobiologyOpen*, 8, e00783, 2018.

McGUFFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. *Journal of Dairy Science*, v. 84, p. E194E203, 2001.

MELCHIOR, E. A.; HALES, K. E.; LINDHOLM-PERRY, A. K.; FREETLY, H. C.; WELLS, J. E.; HEMPHILL, C. N.; WICKERSHAM, T. A.; SAWYER, J. E.; MYER, P. R. The effects of feeding monensin on rumen microbial communities and methanogenesis in bred heifers fed in a drylot. *Livestock Science*, 2018.

MIRANDA, V.F.B.; COOKE, R.F.; LASMAR, P.V.F.; SILVA, C.E.D.; BURATO, S.; AGUIAR, C.L.C.; FERREIRA, H.A.O.; COLOMBO, E.A.; VALARELLI, R.L.; LEIVA, T.; VASCONCELOS, J.L.M. Effects of supplementing narasin to *Bos indicus* heifers during late-gestation and lactation on development of the offspring. *Translational Animal Science*. Feb, 2023.

MISZURA, A. A.; MARQUES, R. S.; POLIZEL, D. M.; CAPPELLOZZA, B. I.; CRUZ, V. A.; OGG, M. A.; BARROSO, J. R.; OLIVEIRA, G. B.; MARTINS, A. S.; LIMEDE, A. C.; FERREIRA, E. M.; GOUVÊA, V. N.; PIRES, A. V. Effects of lasalocid, narasin, or virginiamycin supplementation on rumen parameters and performance of beef cattle fed forage-based diet. *Journal of Animal Science*, vol. 101, 2023.

MISZURA, A.; POLIZEL, D. M.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; BARROSO, J. P.; GOBATO, L. G. M.; MARTINS, A. S.; OLIVEIRA, G. B.; FERREIRA, E. M.; PIRES, A. V. Effects of feed additives on rumen parameters of steers fed high-forage diet. In: The American Society of Animal Science and the Canadian Society of Animal Science 2018, Vancouver. Joint Annual Meeting & Trade Show in Canada, 2018.

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*, 65: 1064-1076. 1987.

Nutrient Requirements of Beef Cattle. NASEM, ed. 8 Animal nutrition series, 2016.

OGUNADE, I.; SCHWEICKART, H.; ANDRIES, K.; LAY, J.; ADEYEMI, J. Monensin alters the functional and metabolomic profile of rumen microbiota in beef cattle. *Animals (Basel)*. 2018.

OLIVEIRA, G. B. Frequência de fornecimento de narasina na nutrição de ovinos. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Pirassununga, 2018.

POLIZEL D. M.; WESTPHALEN, F.; MISZURA, A. A.; SANTOS, M. H.; SILVA, R. G.; BERTOLONI, A. V.; OLIVEIRA, G. B.; BIEHL, M. V.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. Effect of narasin metabolism and dry matter intake in wethers fed high-forage diets. *Journal Animal Science*, v. 94, Suppl. E5, p. 639, 2016a.

POLIZEL D. M.; WESTPHALEN, F.; MISZURA, A. A.; SANTOS, M. H.; SILVA, R. G.; BIEHL, M. V.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; PIRES, A. V.; SUSIN, I. Performance of lambs fed high concentrate-diets containing monensin or narasin. *Journal of Animal Science*, v. 94, Suppl. E5, p. 808, 2016b.

POLIZEL, D. M.; BARBOSA, M. J. P. T.; CAPPELLOZZA, B. I.; LOPES, C. N.; FERRAZ JUNIOR, M. V. C.; GOBATO, L. G. M.; GOLCALVES, J. R. S.; PIRES, A. V. The addition of narasin into a mineral mixture improves performance of grazing Nellore steers. In: Joint Annual Meeting of Animal Science, Baltimore. Joint Annual Meeting of Animal Science, 2017.

POLIZEL, D.; CAPPELLOZZA, B.; HOE, F.; LOPES, C.; BARROSO, J.; MISZURA, A.; OLIVEIRA, G.; GOBATO, L.; PIRES, A. Effects of narasin supplementation on dry matter intake and rumen fermentation characteristics of *Bos indicus* steers fed a high forage diet. *Translational Animal Science*, v.4, p.118–128, 2020.

RICHARDSON, L. F.; RAUN, A. P.; POTTER, E. L. Effect of monensin on ruminal fermentation "in vitro" and "in vivo". *Journal of Animal Science*, v. 43, p. 644-657, 1976.

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

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

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

SARDINHA, L.; MARQUES, R.; MISZURA, A.; BARROSO, J.; OLIVEIRA, G.; MARTINS, A.; LIMEDE, A.; FERRAZ JR, M.; FERREIRA, E.; PIRES, A. EASTRIDGE, M.; POLIZEL, D. Milk yield and composition from ewes fed diets containing narasin and their lambs' performance. *Translational Animal Science*, v.4, p.854–862, 2020.

SOARES, L. C. B.; MARQUES, R. S.; PIRES, A. V.; CRUZ, V. A.; LIMEDE, A. C.; MAIA, K. S.; BAGGIO, M.; BARROSO, J. P. R.; BIAVA, J. S.; FERREIRA, E. M. Effects of narasin supplementation frequency on intake, ruminal fermentation parameters, and nutrient digestibility of *Bos indicus* Nellore steers fed with forage-based diets. *Translation Animal Science*. 5:1–9, 2021.

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.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597, 1991.

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