

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC**  
**CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – CEO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA – PPGZOO**

**ANA CLAUDIA CASAGRANDE**

**USO DE ADITIVOS A BASE DE PAREDE DE LEVEDURA E ÓLEOS ESSENCIAIS  
COMO ALTERNATIVA AOS IONÓFOROS NO DESEMPENHO E PARÂMETROS  
RUMINAIS DE BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

**CHAPECÓ**  
**2024**

**ANA CLAUDIA CASAGRANDE**

**USO DE ADITIVOS A BASE DE PAREDE DE LEVEDURA E ÓLEOS ESSENCIAIS  
COMO ALTERNATIVA AOS IONÓFOROS NO DESEMPENHO E PARÂMETROS  
RUMINAIS DE BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.  
Orientador: Prof. Dr. Pedro Del Bianco Benedeti

**CHAPECÓ**  
**2024**

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da  
Biblioteca Universitária Udesc, com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a)**

Casagrande, Ana Claudia  
USO DE ADITIVOS A BASE DE PAREDE DE  
LEVEDURA  
E ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVA AOS  
IONÓFOROS NO DESEMPENHO E PARÂMETROS  
RUMINAIS DE BOVINOS DE CORTE CONFINADOS / Ana  
Claudia Casagrande. -- 2024.  
89 p.

Orientador: Pedro Del Bianco Benedeti  
Coorientador: Diego de Córdova Cucco  
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado  
de Santa Catarina, Centro de Educação Superior do Oeste,  
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Chapecó,  
2024.

1. Fermentação Ruminal. 2. Monensina. 3. Nelore. 4.  
Nutrição. I. Del Bianco Benedeti, Pedro. II. de Córdova  
Cucco, Diego. III. Universidade do Estado de Santa Catarina,  
Centro  
de Educação Superior do Oeste, Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia. IV. Título.

**ANA CLAUDIA CASAGRANDE**

**USO DE ADITIVOS A BASE DE PAREDE DE LEVEDURA E ÓLEOS ESSENCIAIS  
COMO ALTERNATIVA AOS IONÓFOROS NO DESEMPENHO E PARÂMETROS  
RUMINAIS DE BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Zootecnia pelo Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.  
Orientador: Prof. Dr. Pedro Del Bianco Benedeti

**BANCA EXAMINADORA**

Membros:

Pedro Del Bianco Benedeti, Dr.  
Universidade do Estado de Santa Catarina  
UDESC

Ana Luiza Bachmann Schogor, Dra.  
Universidade do Estado de Santa Catarina  
UDESC

Daiany Iris Gomes, Dra.  
Universidade Federal Rural da Amazônia  
UFRA

Chapecó, 21 de agosto de 2024.

Dedico esta conquista aos meus pais, Nilson e Rosane Casagrande, ao meu irmão, Wilson Casagrande, e ao meu sobrinho, João Vitor, cuja fé inabalável e amor incondicional me sustentaram ao longo desta jornada. Sem vocês, este sonho jamais teria se tornado realidade!

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus por ser a fonte de força e coragem em toda a minha caminhada.

Aos meus pais, Nilson Luís Casagrande e Rosane Feijó Casagrande, expresso meu mais profundo agradecimento por serem a razão da minha persistência e determinação na busca pelos meus sonhos. Suas orações e atitudes diárias, demonstrando todo o amor pela nossa família, são minha maior fonte de inspiração. Devo minha vida a vocês.

Ao meu querido irmão, Wilson Daniel Casagrande, por todo o apoio emocional e financeiro ao longo do curso. Obrigada por investir e acreditar em mim. Sem você, nada disso seria possível. Esta conquista é nossa.

Ao meu amado sobrinho, João Vitor Perin Casagrande, que dá sentido aos meus dias, é minha maior alegria e dono do amor mais puro que existe em mim. Tudo é por você.

Ao meu namorado, Eduardo Augusto Rossetto, também Zootecnista, por todo o apoio e incentivo ao longo do curso. Sua presença foi fundamental para superar os desafios dessa jornada.

À minha cunhada, Adriana Perin, por toda a paciência e dedicação com a nossa família. Seu suporte foi essencial para que eu pudesse focar na minha trajetória acadêmica.

À minha querida amiga Amanda Cagliari, cuja amizade e apoio constante tornaram esta jornada de mestrado verdadeiramente especial, expresso minha mais profunda gratidão.

Estar a mais de 1000 km de casa é desafiador, mas ter o apoio das pessoas que conheci no Instituto de Zootecnia (IZ) tornou tudo mais fácil. Agradeço aos colegas Bruno, Renan, Fernanda e Bruna por cooperarem em todas as etapas da minha pesquisa.

Agradeço à chefe de laboratório, Elaine Magnani, a quem também tenho a honra de chamar de amiga. Além dos valiosos ensinamentos profissionais, você nos ensina a ser pessoas melhores, sempre nos motivando e tornando os dias no IZ mais agradáveis. Sua contribuição foi fundamental para que eu chegasse até aqui.

Ao professor Eduardo e à professora Renata, por me permitirem atuar no laboratório de nutrição e fermentação ruminal, referência em pesquisa com gado de corte.

Ao professor Diego de Córdova Cucco, por todo o apoio prestado ao longo dos anos de graduação e pós-graduação na UDESC. Sua orientação e dedicação foram fundamentais para o meu desenvolvimento acadêmico e pessoal. Agradeço por acreditar no meu potencial e por ser uma parte essencial desta jornada.

Ao meu orientador, Pedro Del Bianco Benedeti, minha mais profunda gratidão pela sua incansável dedicação e apoio durante o desenvolvimento deste projeto. Sua confiança e crença no meu potencial foram fundamentais para a realização deste trabalho. Agradeço pelas inúmeras oportunidades que me proporcionou, pelos conselhos sábios e pelo incentivo constante. Sua orientação não apenas me guiou academicamente, mas também contribuiu significativamente para o meu crescimento pessoal. Sou eternamente grata por ter tido a oportunidade de aprender com alguém tão comprometido e inspirador. Este sucesso é tão seu quanto meu.

À Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), expresso minha profunda gratidão pela oportunidade de realizar a pós-graduação de forma gratuita e com a mais alta qualidade. Aos notáveis professores desta instituição, que generosamente compartilharam seu conhecimento e paixão pela profissão ao longo desta jornada, meu sincero agradecimento.

Ao Instituto de Zootecnia, agradeço pela oportunidade de realizar as etapas de campo e laboratoriais do meu projeto, proporcionando um ambiente rico em aprendizado e inovação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), agradeço pela bolsa de estudos que viabilizou minha dedicação exclusiva à pesquisa, permitindo-me focar integralmente no desenvolvimento deste trabalho.

À DeHeus® Nutrição Animal, agradeço por subsidiar parte do desenvolvimento desta pesquisa.

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), agradeço pelo incentivo e apoio a pesquisa do nosso país.

Por fim, não menos importante, agradeço a todos que, de forma direta ou indireta, fizeram parte desta jornada e ajudaram a transformar este sonho em uma realidade.





“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo para todo o propósito debaixo do céu” (Eclesiastes 3:1)

## RESUMO

O uso de aditivos em dietas de ruminantes, possibilita a manipulação do ambiente ruminal visando melhor utilização dos nutrientes e redução de problemas metabólicos. A monensina sódica, um ionóforo antibiótico, é o promotor de crescimento mais empregado na alimentação de bovinos de corte, devido à sua capacidade de manipulação da microbiota ruminal. Preocupações com a resistência microbiana e resíduos em produtos de origem animal levaram alguns países a proibirem o uso de antibióticos na nutrição animal, impulsionando a busca por aditivos alternativos. Entre esses, os óleos essenciais e prebióticos derivados da parede celular de levedura têm demonstrado potencial antimicrobiano e imunoestimulante, promovendo desempenho positivo. Diante desse contexto, este estudo propôs avaliar se aditivos à base de parede de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e óleos essenciais (linalol, eugenol, acetato de geranila) podem substituir a monensina como promotor de crescimento em bovinos de corte confinados, sem comprometer o desempenho e a saúde ruminal. O estudo envolveu dois experimentos conduzidos no Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, São Paulo. O primeiro, realizado em confinamento, avaliou os parâmetros de desempenho de 137 bovinos Nelore, distribuídos aleatoriamente em quatro grupos, submetidos aos seguintes tratamentos: 1) Controle negativo (CON; sem aditivo); 2) Monensina (MON; 27 ppm/kg/MS; 3) Aditivo a base de um blend de óleos essenciais (OE; 1,3g/kg MS) e 4) Aditivo a base de parede de levedura e óleos essenciais (OEPL; 1,8g/kg MS). O segundo experimento, realizado em paralelo, avaliou os parâmetros de saúde e fermentação ruminal de quatro bovinos Nelore fistulados no rúmen, submetidos aos mesmos tratamentos do experimento anterior. Para o experimento 1, nenhum efeito significativo foi observado para peso de carcaça quente, ganho de carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura do lombo e da garupa. Contudo, o tratamento MON apresentou maior peso corporal final (PCF) e ganho médio diário (GMD) em comparação à dieta CON, mas não diferiu do tratamento OE e OEPL. O tratamento OEPL apresentou maior consumo de matéria seca (CMS), comparado ao MON, mas não diferiu do CON e OE. Por outro lado, o tratamento dietético MON apresentou maior eficiência alimentar que o CON e o OE, e não diferiu do OEPL. Os animais alimentados com MON tiveram menor rendimento de carcaça em comparação ao OE. Os tratamentos CON e OE apresentaram maior presença de abscessos hepáticos em comparação a MON e OEPL. No experimento

2, foi detectado aumentado significativo apenas no consumo de fibra solúvel em detergente neutro (FDN) para o tratamento OE em comparação a MON. Para digestibilidade total dos nutrientes, pH médio, síntese de proteína microbiana e metabolismo de nitrogênio não foram encontradas diferenças significativas. Foi observado aumento do pH mínimo para o tratamento MON em comparação aos demais tratamentos. Ademais, os tratamentos CON e OE tiveram o menor pH mínimo. No seu conjunto, os resultados indicam que a junção de óleos essenciais e parede celular de levedura pode ser uma alternativa viável e sustentável ao uso da monensina em dietas para bovinos na fase de terminação em confinamento.

**Palavras-chave:** Fermentação Ruminal; Monensina; Nelore; Nutrição.

## ABSTRACT

The use of additives in ruminant diets allows for the manipulation of the ruminal environment, aiming for better nutrient utilization and a reduction in metabolic problems. Sodium monensin, an antibiotic ionophore, is the most widely used growth promoter in beef cattle feeding due to its ability to manipulate the ruminal microbiota. Concerns about microbial resistance and residues in animal products have led some countries to ban the use of antibiotics in animal nutrition, driving the search for alternative additives. Among these, essential oils and prebiotics derived from yeast cell walls have shown antimicrobial and immunostimulant potential, promoting positive performance. In this context, this study aimed to evaluate whether additives based on yeast cell walls (*Saccharomyces cerevisiae*) and essential oils (linalool, geranyl acetate) can replace monensin as growth promoters in feedlot beef cattle without compromising performance and ruminal health. The study involved two experiments conducted at the Instituto de Zootecnia in Sertãozinho, São Paulo. The first experiment, conducted in a feedlot, evaluated the performance parameters of 137 Nelore cattle, randomly distributed into four groups, subjected to the following treatments: 1) Negative control (CON; no additive); 2) Monensin (MON; 27 ppm/kg of DM); 3) Essential oil-based additive (EO; 1,3g/kg of DM); and 4) Yeast cell wall and essential oil-based additive (EOPL; 1,8g/kg of DM). The second experiment, conducted in parallel, evaluated the health and ruminal fermentation parameters of four rumen-fistulated Nelore cattle subjected to the same treatments as the first experiment. For experiment 1, no significant effects were observed for hot carcass weight, carcass gain, loin eye area, and loin and rump fat thickness. However, the MON treatment showed higher final body weight (BW) and average daily gain (ADG) compared to the CON diet, but did not differ from the EO and EOPL treatments. The EOPL treatment showed higher dry matter intake (DMI) compared to MON but did not differ from CON and EO. On the other hand, the MON dietary treatment showed higher feed efficiency than CON and EO, and did not differ from EOPL. Animals fed with MON had lower carcass yield compared to EO. The CON and EO treatments showed a higher incidence of liver abscesses compared to MON and EOPL. In experiment 2, a significant increase was detected only in neutral detergent fiber (NDF) intake for the EO treatment compared to MON. For total nutrient digestibility, average pH, microbial protein synthesis, and nitrogen metabolism, no significant differences were found. An

increase in minimum pH was observed for the MON treatment compared to the other treatments. Additionally, the CON and EO treatments had the lowest minimum pH. Overall, the results indicate that the combination of essential oils and yeast cell walls can be a viable and sustainable alternative to the use of monensin in diets for finishing feedlot cattle.

**Keywords:** Ruminal Fermentation; Monensin; Nelore; Nutrition.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo de matéria seca (CMS) de bovinos Nelore em terminação suplementados com diferentes aditivos no experimento 1.....	59
--	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição dos ingredientes alimentares das dietas experimentais utilizadas nos Exp. 1 e 2.....	60
Tabela 2 – Médias dos mínimos quadrados de desempenho, características de carcaça e abscesso hepático de bovinos Nelore recebendo dietas com diferentes aditivos no Exp.1.....	61
Tabela 3 – Flutuação no consumo de matéria seca e comportamento alimentar de bovinos Nelore recebendo dietas com diferentes aditivos no Exp. 1.....	62
Tabela 4 – Médias dos mínimos quadrados de consumo e digestibilidade dos nutrientes de bovinos Nelore recebendo dietas com diferentes aditivos no Exp.2.....	63
Tabela 5 – Médias dos mínimos quadrados de síntese de proteína microbiana e metabolismo de nitrogênio de bovinos Nelore recebendo dietas com diferentes aditivos no Exp. 2.....	64
Tabela 6 – Efeito da inclusão de diferentes aditivos nas variáveis de fermentação ruminal in situ de dietas para bovinos de corte no Exp. 2.....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC	Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AGCCR	Ácidos graxos de cadeia de cadeia ramificada
AOL	Área de olho de lombo
APTA	Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
CMS	Consumos de Matéria Seca
CON	Controle negativo – Dieta sem adição de aditivos
EFSA	European Food Safety Authority
EGG	Espessuras de gordura subcutânea no lombo
EGL	Espessuras de gordura na garupa
EXP	Experimento
FAO	Food and Agriculture Organization
FDN	Fibra insolúvel em detergente neutro
FDNi	Fibra insolúvel em detergente neutro indigestível
FOS	Frutoligossacarídeos
GMD	Ganho médio diário
GOS	Galactoligossacarídeos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IZ	Instituto de Zootecnia
MAPA	Ministério da Agricultura e Pecuária
MM	Matéria Mineral
MO	Matéria Orgânica
MON	Monensina sódica – Dieta com adição de monensina sódica
MOS	Mananoligossacarídeos
MS	Matéria Seca
N	Nitrogênio
N-NH <sub>3</sub>	Nitrogênio Amoniacal
OE	Óleo essencial – Dieta com adição de um blend de óleos essenciais
OEPL	Óleo essencial e parede de levedura – Dieta com óleos essenciais e parede de levedura
ONU	Organização das Nações Unidas
PB	Proteína Bruta
PCi	Peso corporal inicial
PCf	Peso corporal final
PCQ	Peso de carcaça quente



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>2.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>17</b>
2.1	PANORAMA DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO BRASIL.....	17
2.2	ADITIVOS IONÓFOROS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES.....	19
2.3	USO DE PREBIOTICOS A BASE DE PAREDE DE LEVEDURA E ÓLEOS ESSENCIAIS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES.....	24
2.4	USO DE ANIMAIS FÍSTULADOS NO RÚMEN .....	30
<b>3.</b>	<b>ARTIGO 1: USO DE ADITIVOS A BASE DE PAREDE DE LEVEDURAS E ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVA AOS IONÓFOROS NO DESEMPENHO E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS DE CORTE CONFINADOS .....</b>	<b>32</b>
3.1	RESUMO.....	32
3.2	ABSTRACT .....	34
3.3	INTRODUÇÃO .....	35
3.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	36
<b>3.4.1</b>	<b>Localização e declaração de ética .....</b>	<b>36</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Experimento 1.....</b>	<b>37</b>
3.4.2.1	<i>Delineamento experimental e tratamentos.....</i>	37
3.4.2.2	<i>Instalações, duração do experimento dieta e manejo alimentar.....</i>	37
3.4.2.3	<i>Desempenho e ultrassonografia de carcaça .....</i>	38
3.4.2.4	<i>Abate e características de carcaça.....</i>	39
3.4.2.5	<i>Abscesso hepático .....</i>	40
<b>3.4.3</b>	<b>Experimento 2.....</b>	<b>40</b>
3.4.3.1	<i>Delineamento experimental.....</i>	40
3.4.3.2	<i>Instalações, duração do experimento e manejo alimentar .....</i>	40
3.4.3.3	<i>Parâmetros ruminais .....</i>	41
3.4.3.4	<i>Digestibilidade .....</i>	42
3.4.3.5	<i>Síntese de proteína microbiana.....</i>	42
<b>3.4.4</b>	<b>Análises químicas .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Análises estatísticas .....</b>	<b>44</b>
3.5	RESULTADOS .....	45
<b>3.5.1</b>	<b>Experimento 1.....</b>	<b>45</b>

3.5.2	<b>Experimento 2.....</b>	<b>46</b>
3.6	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>46</b>
3.6.1	<b>Experimento 1.....</b>	<b>46</b>
3.6.2	<b>Experimento 2.....</b>	<b>54</b>
3.7	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
4.	<b>FIGURAS .....</b>	<b>59</b>
5.	<b>TABELAS .....</b>	<b>60</b>
6.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>66</b>
7.	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>67</b>
8.	<b>ANEXO A – COMPROVANTE DO CEUA .....</b>	<b>86</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A rápida expansão demográfica tem gerado impacto significativo no consumo de carne bovina ao redor do mundo (Fao, 2023; Malafaia et al., 2020). À medida que a população aumenta, há uma demanda crescente por alimentos, especialmente fontes de proteína, como a carne bovina (Ferreira et al., 2023). Paralelamente, o aumento do poder aquisitivo em muitas regiões do mundo tem levado a mudanças nos hábitos alimentares, resultando em maior consumo de carne. Esse fenômeno é impulsionado não apenas pelo aumento da renda, mas também pela influência de fatores culturais e sociais de cada região (Batistelli et al., 2022). Como resultado, os produtores de carne bovina enfrentam desafios e oportunidades constantes para atender a essa demanda crescente, prezando sempre pela sustentabilidade e a eficiência dos sistemas produtivos (Batistelli et al., 2022).

A bovinocultura desempenha um papel fundamental na economia brasileira, consolidando o país como um dos principais produtores e exportadores de carne bovina globalmente (ABIEC, 2023). Em 2022, o setor alcançou um marco histórico ao registrar um recorde no volume de carne bovina exportada, totalizando 2,26 milhões de toneladas vendidas para mais de 150 países. Essas exportações representaram um faturamento de US\$ 12,97 bilhões, marcando um aumento histórico de 40,8% em relação ao ano anterior (ABIEC, 2023). Diante desse cenário dinâmico, os produtores de bovinos de corte confrontam desafios crescentes para suprir essa demanda de maneira ecologicamente correta e economicamente eficiente (Batistelli et al., 2022).

A nutrição adequada dos bovinos de corte é um dos principais pilares para garantir a produção de animais saudáveis e com alto desempenho produtivo (Ferreira et al., 2023). Em sistemas de produção intensiva, como os confinamentos, onde os animais são alimentados com dietas ricas em concentrado, o uso de aditivos como estratégia nutricional, se tornou uma prática comum (Homolka et al., 2022). Esses aditivos visam otimizar a eficiência alimentar, melhorar o ganho de peso e reduzir problemas metabólicos, contribuindo para a rentabilidade e sustentabilidade do sistema de produção (Detmann et al., 2014).

Um dos aditivos amplamente utilizados na alimentação de bovinos de corte é a monensina sódica, um ionóforo antibiótico capaz de modular a microbiota ruminal em prol de maior eficiência na utilização dos nutrientes (Duffield et al., 2012). No entanto, preocupações crescentes com a resistência microbiana e os possíveis riscos à saúde humana levaram à proibição do uso de antibióticos na nutrição animal, em todos os estados membros da União Europeia, podendo se entender para outras localidades, incluindo o Brasil (Bezerra et al., 2017).

Diante desse contexto, o uso de compostos naturais como os prebióticos e os óleos essenciais surgem como alternativas promissoras aos aditivos convencionais, como a monensina, na nutrição de bovinos de corte (Santos, 2016). Os prebióticos, como os derivados da parede celular de levedura, promovem a saúde do trato gastrointestinal e estimulam o sistema imunológico dos animais, contribuindo para o seu bem-estar e desempenho produtivo (Gaggia et al., 2010). Da mesma forma, os óleos essenciais têm sido associados ao estímulo da função imunológica gastrointestinal, melhoria do desempenho animal e modulação da fermentação ruminal (Nehme et al., 2021).

Nesse contexto, é importante investigar o potencial dos prebióticos e dos óleos essenciais como alternativas à monensina sódica na alimentação de bovinos de corte em confinamento, avaliando seus efeitos sobre o desempenho produtivo, e fermentação ruminal dos animais. A compreensão desses aspectos é essencial para o desenvolvimento de estratégias nutricionais sustentáveis e eficientes na bovinocultura de corte.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 PANORAMA DA BOVINOCULTURA DE CORTE NO BRASIL

A bovinocultura de corte é uma atividade de suma importância para a economia brasileira, desempenhando papel fundamental na geração de empregos, no abastecimento alimentar e no desenvolvimento socioeconômico do país (Neves et al., 2023). A cadeia produtiva dessa atividade se expande por todas as regiões do Brasil e emprega milhões de brasileiros, desde a criação e manejo dos animais até o transporte, processamento e comercialização da carne (Dian et al., 2020).

A bovinocultura de corte é uma operação notável e representa 7% do PIB nacional, destacando-se como uma das principais atividades do agronegócio brasileiro (Neves et al., 2023). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil possui o segundo maior rebanho bovino do mundo, com mais de 214 milhões de cabeças (IBGE, 2022). Além do expressivo tamanho do rebanho, o país se destaca como o maior exportador mundial de carne bovina. Segundo o Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), em 2023, as exportações brasileiras de carne bovina totalizaram 2,5 milhões de toneladas, gerando uma receita superior a 10 bilhões de dólares. Dessa forma, essa atividade representa 20% do faturamento total das exportações do agronegócio brasileiro (ABIEC, 2023).

Segundo a FAO (2020), estima-se que o consumo global de carne bovina atinja cerca de 78,5 milhões de toneladas até o ano de 2027. Esse aumento está relacionado ao crescimento populacional, uma vez que o consumo médio por pessoa permanecerá constante (FAO, 2020). Com essa crescente demanda por carne bovina no mercado, e o destaque do Brasil como um dos principais produtores e exportadores mundiais, surge a necessidade de alavancar a cadeia produtiva, aumentando a produção de arrobas por hectare e o rendimento de carcaça final (Ferreira et al., 2023).

No Brasil, a intensificação dos sistemas via uso de confinamentos se apresenta como uma alternativa viável para atender a maior demanda de carne bovina do mercado e maximizar os lucros dos pecuaristas (Ferreira et al., 2023). Além disso, esse sistema produtivo possibilita ciclos de produção mais rápidos, devido ao aumento do ganho de peso e acabamento de carcaça em menor intervalo

de tempo, aumento da produtividade por área, melhor controle sanitário e giro de capital acelerado. Essa abordagem também permite sua implementação em propriedades de pequeno, médio e grande porte (Ferreira et al., 2023). Tais vantagens contribuem para aumentar a eficiência no período de terminação dos animais, especialmente em épocas de seca, quando ocorre redução na oferta e na qualidade das forrageiras (Homolka et al., 2022; Costa et al., 2023).

Quanto maior o desempenho almejado, tanto na deposição de músculo quanto de gordura para terminação de carcaça, maiores serão as exigências energéticas dos animais (McAllister et al., 2020). Assim, para atender essa demanda, torna-se necessário o uso de dietas energeticamente mais adensadas, com baixa inclusão de fibra e altos níveis de alimentos concentrados, ricos em carboidratos não fibrosos (Rigobelo et al., 2014; Dias et al., 2022). Porém, a alta ingestão desses carboidratos de rápida fermentação ruminal podem desencadear distúrbios metabólicos como acidose, timpanismo, ruminite, paraqueratose e abscessos hepáticos (Wells, 2024). Esses distúrbios ocorrem devido ao aumento da concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como o ácido láctico no rúmen, ocasionada pela rápida fermentação dos carboidratos não fibrosos (Khan et al., 2023) e ao desequilíbrio na remoção desses ácidos por absorção, passagem ou neutralização dos agentes tamponantes (Berchielli, 2011). Essas complicações metabólicas comprometem a eficiência na absorção de nutrientes, resultando em redução do consumo e desempenho dos animais (D'occhio et al., 2018).

Os protocolos de adaptação são fundamentais para minimizar os efeitos negativos de dietas de confinamento com elevada porcentagem de concentrado, uma vez que propiciam adaptação gradual dos microrganismos e papilas ruminais, tornando o meio propício para a absorção dos subprodutos resultantes da fermentação (Silvestre & Millen, 2021). No entanto, apesar da implementação desses períodos de adaptação dietética, os bovinos ainda podem desenvolver distúrbios metabólicos. Nesse contexto, surge a necessidade do uso de estratégias nutricionais que possam manipular a fermentação ruminal. Uma alternativa é favorecer alguns grupos específicos de bactérias que promovem maior aproveitamento dos nutrientes da dieta, redução de distúrbios metabólicos, e melhora na utilização do nitrogênio (Dey et al., 2021).

Apesar dos avanços alcançados, a bovinocultura de corte nacional enfrenta desafios nutricionais que demandam atenção. A busca por uma produção mais sustentável e eficiente são questões cruciais e prioritárias para garantir a competitividade do setor no mercado global (Nocek et al., 2002). Ao longo das últimas décadas, têm sido conduzidos numerosos estudos com ênfase no uso de aditivos na nutrição de ruminantes. Esses aditivos se destacam como estratégia nutricional capaz de modular o padrão de fermentação ruminal, aprimorando assim a eficiência na utilização dos nutrientes e promovendo aumento na produtividade (Nocek et al., 2002).

## 2.2 ADITIVOS IONÓFOROS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

A nutrição de ruminantes é essencial para garantir uma produção animal eficiente e sustentável. Ademais, manipulações dietéticas adequadas tem o potencial de minimizar os distúrbios metabólicos, além de reduzir os impactos ambientais adversos, como a produção de gases de efeito estufa (Silvestre et al., 2023). A fermentação ruminal influencia diretamente a eficiência alimentar, a saúde gastrointestinal e o desempenho dos animais. Nesse contexto, estratégias nutricionais voltadas à modulação do padrão de fermentação ruminal ganham destaque, sendo a utilização de aditivos dietéticos uma abordagem de alta relevância nas pesquisas voltadas a nutrição de ruminantes (González-Recio et al., 2023).

De acordo com as diretrizes do MAPA, os aditivos são agentes químicos ou biológicos deliberadamente adicionados aos alimentos, com a finalidade de conservar, intensificar ou modificar suas propriedades, sem comprometer o seu valor nutricional (Cantet et al., 2023). Estudos recentes têm explorado uma variedade de aditivos, incluindo prebióticos, óleos essenciais, e ionóforos promotores de crescimento, cada um com potencial de ação único, capazes de influenciar a microbiota ruminal e melhorar a eficiência da digestão (Dias et al., 2022).

A inclusão desses aditivos alimentares em dietas para ruminantes é uma estratégia nutricional capaz de modificar a população de bactérias, que por consequência tem efeitos diretos nos produtos gerados durante a fermentação

ruminal (Silvestre et al., 2023). Assim, o uso desses ingredientes tem como principal objetivo maximizar a utilização dos nutrientes e, conseqüentemente, favorecer o desempenho e saúde dos animais (Silvestre et al., 2023).

Os ionóforos são antibióticos promotores de crescimento amplamente utilizados como aditivos alimentares na produção de bovinos de corte (Rodrigues et al., 2007). Esses compostos são produzidos por diferentes cepas de *Streptomyces sp* e, inicialmente eram utilizados como coccidiostáticos para aves, mas a partir de 1970 foram aderidos a dieta de ruminantes (Rodrigues et al., 2007). Alguns efeitos positivos dos ionóforos são a redução na incidência de distúrbios metabólicos, melhoria na utilização dos nutrientes, e aumento da eficiência alimentar dos animais (McGuffey et al., 2001). Um dos mecanismos de eficiência quanto a utilização de nutrientes advindos da dieta, propõe a redução nas perdas de energia metabólica durante o processo digestivo (Pancini et al., 2020). O aumento da digestibilidade e a manipulação da fermentação ruminal resulta em maior produção de propionato e redução da produção de metano no rúmen, o qual representa uma perda substancial de aproximadamente 2 a 12% da energia bruta oriunda da dieta (Pancini et al., 2020).

A monensina sódica é o ionóforo mais utilizado como promotor de crescimento em dietas de bovinos de corte em sistema de confinamento, destaca-se por sua capacidade de manipulação da microbiota ruminal, promovendo maior eficiência do metabolismo energético, melhoria do metabolismo de nitrogênio e conseqüente redução de alguns distúrbios metabólicos, como acidose e timpanismo (Melchior et al., 2018). Seu potencial de ação está associado à desregulação do transporte de íons e à modificação da população microbiana ruminal (Ogunade et al., 2018). Em resumo, a monensina sódica interfere na resistência e permeabilidade da membrana bacteriana ruminal (Melchior et al., 2018).

As bactérias gram-negativas mostram-se mais resistentes à ação da monensina sódica, devido à complexidade de sua estrutura celular. Elas são revestidas por uma parede celular e uma membrana externa de proteção, compostas por uma variedade de componentes, incluindo proteínas, lipoproteínas e lipopolissacarídeos (Berchielli et al., 2011). Essa membrana externa também



abriga canais de proteínas, conhecidos como porinas, que são responsáveis pelo transporte seletivo de moléculas com um tamanho máximo de cerca de 600 Daltons (Berchielli et al., 2011). A maioria das moléculas dos ionóforos são maiores que 600 Daltons, o que tornam as bactérias gram-negativas impermeáveis aos ionóforos, ou seja, esses canais de porinas impedem que a monensina adentre o conteúdo celular bacteriano (Berchielli et al., 2011; Ogunade et al., 2018).

Por outro lado, as bactérias gram-positivas são mais sensíveis a permeabilidade dos ionóforos, pois possuem estrutura celular menos complexa com apenas uma camada membrana, deixando o meio intracelular desprotegido e susceptível à entrada e ação da monensina sódica (Berchielli et al., 2011). Devido essa característica, a monensina liga-se ao cátion de maior afinidade e o leva para dentro do conteúdo celular da bactéria (Marques & Cooke, 2021). Essa, por meio da bomba de sódio e potássio tenta manter sua osmolaridade utilizando energia demasiadamente até que suas reservas são esgotadas e seu crescimento seja negativamente afetado (Marques & Cooke, 2021).

A influência da monensina na composição da microbiota tem implicações diretas sobre os produtos da fermentação ruminal. Bactérias gram-negativas tendem a produzir maiores concentrações de ácido propiônico enquanto, bactérias gram-positivas produzem em sua grande maioria ácido acético e butírico (Melchior et al., 2018). Assim, a utilização da monensina sódica favorece maior produção de propionato e, conseqüentemente, reduz a liberação substratos como hidrogênio e dióxido de carbono, utilizados na produção de metano (Melchior et al., 2018). Conseqüentemente, o uso de monensina ainda é capaz de diminuir as perdas de energia durante o processo de fermentação ruminal, desencadeando melhor aproveitamento dos nutrientes, maior desempenho animal e redução de distúrbios metabólicos (Melchior et al., 2018).

O propionato serve como fonte de energia para o desenvolvimento dos microrganismos ruminal e, é o único ácido graxo de cadeia curta capaz de ser convertido a glicose no fígado dos ruminantes (Leeuw et al., 2016). Ademais, a redução na relação acetato/propionato resulta em menor incremento calórico, pois as vias de formação do propionato geraram menores quantidades de calor durante

os processos metabólicos, quando comparadas à produção de acetato (Leeuw et al., 2016).

Um estudo realizado por Martinez et al. (2022) examinou os efeitos da suplementação com monensina na dieta de novilhos de corte. Os resultados indicaram uma melhoria significativa na conversão alimentar e na digestibilidade dos nutrientes, bem como uma redução na incidência de acidose ruminal. Esses resultados corroboram com achados recentes de Baggio et al. (2023) onde investigaram o efeito do ionóforo monensina na dieta de bovinos de corte, observando uma melhoria significativa na eficiência alimentar e no ganho de peso dos animais. Outra pesquisa relevante foi realizado por Ogunade et al. (2018), que investigou o perfil funcional e metabolômico da microbiota ruminal em bovinos de corte. Seus resultados demonstraram uma modificação favorável na comunidade microbiana, com um aumento na proporção de bactérias celulolíticas e uma redução nas populações de microrganismos produtores de metano. Ademais a monensina impactou nas concentrações de AGCC no rúmen, favorecendo a produção de propionato, que é mais eficiente energeticamente para os bovinos (Ogunade et al., 2018).

Em suma, El-Waziry et al. (2022) compilaram diversos estudos sobre o uso de ionóforos na nutrição de ruminantes, com destaque aos benefícios desses aditivos na melhoria da eficiência alimentar, prevenção de distúrbios metabólicos como acidose ruminal e timpanismo, estabilização do pH ruminal e manutenção de um ambiente gastrointestinal saudável. Além disso, os autores observaram um aumento na produção de carne, atribuído à melhoria na eficiência alimentar e na saúde geral dos animais. Esses achados reforçam a importância dos aditivos na nutrição de ruminantes e destacam seu potencial para melhorar o desempenho animal e a rentabilidade dos sistemas de produção pecuária.

Apesar dos benefícios supracitados, o uso de ionóforos na nutrição animal tem sido objeto de debate e regulamentação em diversas jurisdições ao redor do mundo, devido a conjecturas relacionadas à resistência antimicrobiana e possíveis riscos à saúde pública (Dowling, Prescott & Giguère, 2013). A utilização prolongada e indiscriminada desses aditivos na alimentação animal pode ser associada ao desenvolvimento de resistência por parte de cepas bacterianas levantando

divergências sobre a eficácia desses compostos no tratamento de infecções bacterianas tanto em humanos quanto em animais (Samal et al., 2016). Adicionalmente, a presença de resíduos de ionóforos em produtos de origem animal destinados ao consumo humano suscita preocupações quanto à segurança alimentar e à saúde pública (Ghimpeteanu et al., 2022). Embora os ionóforos sejam considerados seguros em baixas concentrações, suspeita-se que a exposição prolongada a esses compostos pode acarretar efeitos adversos na saúde humana, especialmente em grupos sensíveis, como crianças, gestantes e idosos (Ghimpeteanu et al., 2022).

Em resposta a essas preocupações, várias autoridades mundiais têm implementado restrições ou proibições diretas do uso de ionóforos na alimentação animal (EFSA, 2017). Por exemplo, em 2006 a União Europeia proibiu o uso de antibióticos em animais destinados à produção de alimentos para consumo humano em todos os seus Estados-Membros, a fim de evitar possíveis contaminações e, manter a segurança nacional (Casewell et al., 2003). Essa execução de lei surtiu efeito em várias outras localidades, forçando países como o Brasil, que exportam carnes e derivados a países deste bloco econômico, a se adequarem às novas regras impostas pela União Europeia (Casewell et al., 2003). A proibição dos ionóforos tem estimulado a pesquisa e o desenvolvimento de alternativas mais seguras e sustentáveis, como aditivos naturais, probióticos, prebióticos e óleos essenciais. Esses compostos visam melhorar o desempenho animal e a saúde gastrointestinal sem os riscos associados aos ionóforos (Faccenda et al., 2019). Essa mudança de paradigma na nutrição animal tem impactos significativos na indústria pecuária, que pode precisar reformular suas estratégias nutricionais e adotar práticas mais sustentáveis em resposta a essas regulamentações (Faccenda et al., 2019).

Essa constante visão negativa quanto ao uso de antibióticos, a preocupação com a composição e procedência dos produtos de origem animal e as medidas de bem-estar empregadas aos sistemas de produção, são determinantes para a retirada de alguns produtos do mercado (Casewell et al., 2003; Millen, 2008). A sociedade torna-se cada vez mais exigente na busca por produtos éticos, certificados e de qualidade, impondo restrições que levam a busca de aditivos

naturais que possam substituir os ionóforos promotores de crescimento comumente utilizados (Marques & Cooke, 2021). Em resumo, a proibição do uso de ionóforos na nutrição animal reflete uma preocupação crescente com a segurança alimentar, a saúde pública e o uso responsável de antimicrobianos. Questão essa, que surge como um tema importante de discussão na comunidade científica e na indústria agropecuária. Diante desse cenário, muitas pesquisas vêm sendo desenvolvidas em busca de compostos naturais secundários como por exemplo, óleos essenciais e prebióticos, que possam ser utilizados na alimentação animal e surtam efeitos positivos similares ou superiores aos ionóforos, em especial a monensina sódica, sem causar alertas de saúde pública.

### 2.3 USO DE PREBIOTICOS A BASE DE PAREDE DE LEVEDURA E ÓLEOS ESSENCIAIS NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES

Os prebióticos são ingredientes nutricionais a base de levedura (parede de leveduras, fibras dietéticas e oligossacarídeos) que estimulam o crescimento ou atividade de determinados grupos de microrganismos benéficos do trato gastrointestinal, e quando administrados em quantidade adequada, promovem melhoria na saúde do hospedeiro (Gaggia et al., 2010). As culturas de leveduras não apresentam indícios de resistência microbiana, e se encaixam nas exigências internacionais dos países que importam carne bovina do Brasil (Colombo et al., 2021). A utilização de prebióticos na nutrição de ruminantes tem sido objeto de crescente interesse devido aos seus potenciais benefícios na saúde gastrointestinal e no desempenho animal. Entre os prebióticos mais estudados está a parede celular da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, uma fonte rica em mananoligossacarídeos (MOS),  $\beta$ -glucanos e outras fibras fermentáveis (Colombo et al., 2021).

Os prebióticos servem como substratos para o pleno desenvolvimento de bactérias benéficas responsáveis pela fermentação intestinal e ruminal, que, de modo geral, melhoram o aproveitamento dos nutrientes advindos da dieta (Silva et al., 2024). Seu potencial de ação difere dos antibióticos promotores de crescimento, ou seja, não atuam diretamente sobre o conteúdo celular dos microrganismos, promovendo seletividade bacteriana (Melchior et al., 2018). Apenas, oferecem

condições digestivas favoráveis para o crescimento de grupos específicos de bactérias benéficas, capazes de melhorar o aproveitamento e degradabilidade dos alimentos (Uyeno et al., 2015)

A parede celular das leveduras, apresentam em sua composição polissacarídeos capazes de interagir com as bactérias, prevenindo a fixação de microrganismos prejudiciais ao trato gastrointestinal dos animais (Fenta et al., 2022). A gama de prebióticos disponíveis é ampla, abrangendo desde compostos únicos até combinações de diferentes moléculas, como Frutoligossacarídeos (FOS), mananoligossacarídeos (MOS), Galactoligossacarídeos (GOS) e Betaglucanos (Diaz et al., 2018). Os MOS, presentes na superfície externa da parede celular de leveduras, consistem em manose fosforilada e  $\beta$ -glucanos em sua estrutura (Lin et al., 2018). Esses componentes aprimoram a capacidade de degradação de nutrientes tanto no ambiente ruminal quanto no intestinal, resultando em um melhor desempenho animal (Vyas et al., 2014; Diaz et al., 2018). Esse efeito é atribuído à modificação na microbiota ruminal, incluindo a inibição de grupos bacterianos específicos, principalmente os produtores de lactato (Vyas et al., 2014). Além disso, a supressão dessas bactérias pode contribuir para a estabilidade do pH ruminal, favorecendo as rotas bioquímicas que ocorrem no meio (Diaz et al., 2018).

Estudos mostram que bovinos suplementados com aditivos a base de parede de levedura apresentaram maior degradação dos alimentos ingeridos, e consequentemente melhor desempenho (Uyeno et al., 2015). Isso porque, no ambiente ruminal, os prebióticos também atuam como substratos para o crescimento de grupos específicos de bactérias benéficas, capazes de melhorar o aproveitamento e degradabilidade dos alimentos (Leone & Ferrante, 2023).

Estudos recentes têm demonstrado os efeitos positivos da suplementação com parede de levedura na dieta de ruminantes. Por exemplo, pesquisa realizada por Fenta et al. (2023) observou uma melhoria significativa na digestibilidade dos nutrientes e na saúde intestinal de ovelhas suplementadas com parede de levedura. Da mesma forma, a pesquisa de Aung et al. (2019) constatou que a adição de parede de levedura à dieta de vacas leiteiras está associada a efeitos benéficos na modulação da microbiota ruminal, resultando em uma redução na incidência de

distúrbios digestivos e uma melhoria na produção de leite. Outra pesquisa realizada por Peng et al. (2020) mostraram que a suplementação com MOS derivados da parede de levedura promoveu um aumento na abundância de bactérias benéficas no rúmen de bovinos, contribuindo para uma fermentação mais eficiente dos alimentos. Pesquisas adicionais sobre os efeitos da suplementação com parede de levedura em bovinos de corte corroboram esses achados. Por exemplo, um estudo conduzido por Neumann et al. (2021) avaliou os efeitos da inclusão de parede de levedura na dieta de novilhos e observou melhorias significativas na digestibilidade dos nutrientes e no ganho de peso dos animais. Da mesma forma, Liu et al. (2021) investigaram os impactos da suplementação com parede de levedura na saúde digestiva e no desempenho de bovinos em confinamento, constatando uma redução na incidência de acidose ruminal e uma melhoria na eficiência alimentar.

Ainda no âmbito da pesquisa científica outros estudos em destaque, também têm investigado os efeitos da suplementação com parede de levedura em bovinos de corte. Por exemplo, uma pesquisa realizada por Xavier et al. (2023) examinou os efeitos da adição de parede de levedura na dieta de novilhas Nelore em pastagem e constatou melhorias na eficiência alimentar e na saúde ruminal dos animais. Da mesma forma, um estudo conduzido por Aragon et al. (2015) avaliaram os impactos da inclusão de parede de levedura na dieta de bovinos em fase de terminação, seus resultados demonstraram aumento na digestibilidade dos nutrientes e redução na ocorrência de distúrbios digestivos. Esse compilado de trabalhos científicos destacam a eficácia da parede de levedura como um aditivo nutricional para bovinos de corte, contribuindo para a saúde gastrointestinal e o desempenho produtivo desses animais (Aragon et al., 2015).

Outro aspecto relevante é o potencial da parede de levedura em modular a resposta imunológica dos ruminantes. Estudos como o de Li et al. (2018) demonstraram que a suplementação com  $\beta$ -glucanos presentes na parede de levedura pode estimular o sistema imunológico dos animais, aumentando a resistência a doenças e melhorando o bem-estar geral. Em resumo, evidências científicas recentes sugerem que a parede de levedura, como fonte de prebióticos, apresenta promessas significativas na melhoria da saúde gastrointestinal, desempenho e imunidade de ruminantes. No entanto, são necessárias mais

pesquisas para elucidar completamente os mecanismos de ação e determinar as melhores estratégias de utilização desses prebióticos na nutrição animal (Treon et al., 2023).

Os óleos essenciais são compostos secundários extraídos de material vegetal tal como brotos, flores, sementes, folhas, galhos, raízes, frutos, cascas e madeira (Nehme et al., 2021). Esses compostos também podem ser denominados como princípios ativos naturais, por serem obtidos isoladamente de plantas medicinais com propriedades terapêuticas, cientificamente comprovadas (Nehme et al., 2021). De acordo com Burt (2004) existem diferentes locais e mecanismos de ação para os princípios ativos presentes nos óleos essenciais. Estes podem apresentar atividades antivirais, antitoxigênicas e antiparasitária, que estimulam a função imunológica e gastrointestinal e a diminuição do estresse oxidativo, melhorando o desempenho animal (Nehme et al., 2021). Estudos demonstram que a adição dos óleos essenciais na dieta de bovinos de corte auxilia no processo de fermentação, manutenção do pH ruminal e melhora a eficiência microbiana quanto a utilização dos nutrientes (Burt, 2004). Por essas características são considerados agentes alternativos aos antibióticos promotores de crescimento (Nehme et al., 2021).

A manipulação da fermentação ruminal com o uso de aditivos naturais, como óleos essenciais, vem se tornando uma valiosa ferramenta utilizada por nutricionistas na busca pela diminuição das perdas de energia, melhoria das condições ruminais e redução na produção de metano (Russell & Strobel, 1989). Em geral, os componentes dos óleos essenciais são bioativos contra uma grande variedade de microrganismos, incluindo as bactérias ruminais (Nikaido & Vaara, 1985). Apesar dos óleos essenciais terem um amplo espectro de atividade antimicrobiana, bactérias gram-positivas são geralmente mais sensíveis a esses compostos do que bactérias gram-negativas (Smith-Palmer et al., 1998). As bactérias gram-negativas presentes no rúmen, possuem uma membrana externa com superfície hidrofílica, devido à presença de moléculas de lipopolissacarídeos (Zgurskaya & Rybenkov, 2020). Pequenos solutos hidrofílicos são capazes de passar através dessa membrana, em proteínas porinas que fornecem canais transmembranares hidrófilos, ao passo que a membrana serve como barreira para

a penetração de macromoléculas e de compostos hidrofóbicos, e é por esta razão que bactérias gram-negativas são relativamente resistentes aos compostos hidrofóbicos e drogas tóxicas (Zgurskaya & Rybenkov, 2020).

Os compostos presentes nos óleos essenciais são capazes de interagirem e se acumularem na membrana das células bacterianas, em especial das gram-positivas (Chao et al., 2000). Segundo Calsamiglia et al. (2007) esta interação faz com que desintegre a membrana bacteriana, tornando-a mais permeável, ocorrendo então grande translocação de íons através da membrana e, conseqüentemente, uma diminuição no gradiente iônico. As bactérias podem contrabalancear esses efeitos usando a bomba iônica, que desvia grande quantidade de energia para esse processo. Com isso, o crescimento bacteriano das gram-positivas é reduzido, gerando conseqüente mudança na proporção das populações de bactérias no rúmen (Calsamiglia et al., 2007).

O Linalol é um metabólito secundário, componente de óleos essenciais aromáticos de origem vegetal. Esse composto é utilizado pela medicina popular por seus efeitos anti-inflamatórios, analgésicos, hipotensores, vasorrelaxantes e antimicrobianos. Esses últimos estão associados a um mecanismo de desnaturação das proteínas ou desidratação sobre as células vegetativas (Camargo & Vasconcelos, 2014). Já o acetato de geranila é um éster oriundo do geraniol, amplamente utilizado na indústria, devido à suas propriedades organolépticas (Zeferino et al., 2021; Costa et al., 2015).). Ademais, apresenta efetiva atividade antimicrobiana contra uma ampla gama de microrganismos, além de demonstrar potencial estabilidade térmica e atoxicidade, o que o torna interessante para inserção na nutrição de bovinos de corte, devido seu possível potencial de modulação da microbiota ruminal (Zeferino et al., 2021; Briega et al., 2018).

A atividade antimicrobiana de extratos vegetais tem sido atribuída a vários compostos fenólicos, como o eugenol, sendo ativo contra fungos e uma ampla gama de bactérias gram-negativas e gram-positivas. Assim, eles agem como agentes fenólicos, perturbando a força de prótons, o fluxo de elétrons, o transporte ativo e a coagulação do conteúdo celular dos microrganismos (Dorman & Deans, 2000; Burt, 2004). O eugenol é um dos principais constituintes do óleo de cravo,



caracterizado como um hidroxifenil propeno. Seus efeitos estão associados principalmente a atividades antioxidantes, antiinflamatórias, e antimicrobiana (Burt, 2004). Os ácidos fenólicos exercem efeitos antimicrobianos por meio da difusão do ácido não associado através da membrana, levando à acidificação do citoplasma e, em alguns casos, à morte celular (Guil-Guerrero et al., 2016).

Estudos recentes têm investigado o potencial dos óleos essenciais, como eugenol, linalol, ecacetato de geranila, na nutrição de bovinos de corte. Pesquisas conduzidas por Tondini et al. (2024) analisaram os efeitos da suplementação com eugenol na emissão de metano, digestibilidade de nutrientes e fermentação ruminal em bovinos de corte, observando reduções significativas nas emissões de metano e melhorias na digestibilidade dos nutrientes. Da mesma forma, estudos de Ribeiro et al. (2020) avaliaram os efeitos da suplementação com óleos essenciais, incluindo linalol e acetato de geranila, na fermentação ruminal, população microbiana e digestibilidade de nutrientes, evidenciando alterações benéficas na fermentação ruminal e na população microbiana. Além disso, pesquisas de Benchaar et al. (2008) examinaram os efeitos da suplementação com eugenol em vacas leiteiras alimentadas com dietas de baixo ou alto teor de concentrado, observando impactos positivos na digestão, características da fermentação ruminal, populações microbianas ruminais e composição de ácidos graxos do leite. Outro estudo conduzido por Braun et al. (2018) investigou os efeitos da suplementação com óleos essenciais na saúde, metabolismo lipídico e imunidade de bezerros Holandeses, destacando melhorias no desempenho e imunidade dos animais suplementados. Esses resultados de estudos fornecem evidências sobre os benefícios potenciais dos óleos essenciais na nutrição e no desempenho de bovinos de corte, destacando sua relevância como aditivos na alimentação animal (Ferreira et al., 2024).

Em nutrição de ruminantes, aditivos com base em óleos essenciais e prebióticos, apresentam grande potencial para serem utilizados em substituição a monensina sódica, pois são produtos considerados seguros para o consumo humano e, amplamente utilizados na indústria alimentícia (Pangesti et al., 2024). Todavia, há demasiada instabilidade quanto ao modo de ação desses aditivos no ambiente ruminal, e seus efeitos na produção de bovinos de corte. Assim, mais

pesquisas são necessárias para testar novas cepas e dosagens ideais desses aditivos na nutrição de ruminantes.

## 2.4 USO DE ANIMAIS FÍSTULADOS NO RÚMEN

A utilização de animais fistulados no rúmen tem sido uma estratégia valiosa em estudos de nutrição, proporcionando uma compreensão mais profunda dos processos digestivos, fermentativos e metabólicos em ruminantes (Muzzi et al., 2009). Esses animais, são submetidos a um procedimento cirúrgico para a criação de uma fístula ruminal, permitindo o acesso direto ao conteúdo do rúmen, possibilitando a coleta de amostras e a realização de procedimentos experimentais sem causar desconforto ou danos aos animais (Harmon & Richards, 1997).

Ao investigar aditivos alimentares ou outros ingredientes dietéticos em bovinos fistulados, é possível avaliar diretamente o efeito desses produtos no ambiente ruminal e no desempenho dos animais (Lafin & Gnad, 2008). Estudos têm explorado o impacto de aditivos como óleos essenciais, prebióticos e ionóforos na composição e fisiologia ruminal, bem como, os seus efeitos sobre a absorção de nutrientes (Valinote et al., 2005). Pesquisas recentes têm evidenciado o impacto significativo dos diferentes ingredientes utilizados na alimentação e suplementação de ruminantes. Seus resultados mostram que alterações dietéticas podem induzir modificações na diversidade de microrganismos do rúmen, o que contribui para a estabilização das populações bacterianas (Latham et al., 2018). Essas mudanças promovem um ambiente ruminal mais equilibrado, resultando em uma fermentação mais eficiente e uma melhoria na digestibilidade dos nutrientes. Além disso, a modulação da microbiota ruminal pode levar a uma otimização dos processos fermentativos e metabólicos, promovendo benefícios significativos para a saúde e o desempenho produtivo dos ruminantes. (Petri et al., 2020; Silva et al., 2021). Ademais, a utilização de bovinos fistulados permite a avaliação de diversos parâmetros diretamente no rúmen, oferecendo dados precisos sobre a cinética ruminal, microbiologia de papilas ruminais, e o processo de fermentação (Pinloche et al., 2013). Os principais parâmetros de avaliação incluem o pH ruminal, a produção de AGCC, a taxa de passagem dos alimentos e a eficiência na utilização dos nutrientes. Essas mensurações fornecem uma análise detalhada da dinâmica

ruminal, permitindo a identificação de padrões específicos de fermentação e produção de metabólitos, como metano e amônia (Harmon & Richards, 1997). Tal abordagem é essencial para aprimorar a formulação de dietas que otimizem a eficiência alimentar e reduzam a emissão de gases de efeito estufa (Begnini & Meireles, 2022).

Em suma, os estudos realizados com bovinos fistulados no rúmen desempenham um papel crucial no avanço das pesquisas em nutrição animal, fornecendo informações essenciais sobre a fisiologia digestiva dos ruminantes e o impacto de diferentes dietas e aditivos na saúde e no desempenho dos animais (Begnini & Meireles, 2022).

### 3. ARTIGO 1: USO DE ADITIVOS A BASE DE PAREDE DE LEVEDURAS E ÓLEOS ESSENCIAIS COMO ALTERNATIVA AOS IONÓFOROS NO DESEMPENHO E PARÂMETROS RUMINAIS DE BOVINOS DE CORTE CONFINADOS

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de artigo, com a seções de acordo com as orientações da Revista Animal Feed Science and Technology.

Ana C. Casagrande<sup>1</sup>, Pedro D. B. Benedeti<sup>1</sup>, Amanda R. Cagliari<sup>1</sup>, Fernanda Rigon<sup>2</sup>, Elaine Maganani<sup>3</sup>, Bruna R. Amancio<sup>3</sup>, Thiago da Silva<sup>3</sup>, Renata H. Branco<sup>3</sup>, Eduardo M. de Paula<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Zootecnia, Universidade do Estado de Santa Catarina, UDESC, Chapecó, Santa Catarina, 89815-630, Brasil

<sup>2</sup> Departamento de Zootecnia, Universidade do Oeste de Santa Catarina, UNOESC, Xanxerê, Santa Catarina, 89820-000, Brasil

<sup>3</sup> Centro de Pesquisa em Gado de Corte, Instituto de Zootecnia, IZ, Sertãozinho, São Paulo, 14160-900, Brasil

#### 3.1 RESUMO

O presente estudo teve como objetivo avaliar se aditivos à base de parede de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) e óleos essenciais (linalol, eugenol, e acetato de geranila) podem substituir a monensina sódica como promotor de crescimento em bovinos de corte confinados. O estudo envolveu dois experimentos conduzidos no Instituto de Zootecnia de Sertãozinho, São Paulo. O primeiro experimento, realizado em confinamento com duração de 116 dias, avaliou os parâmetros de desempenho de 137 bovinos Nelore com peso corporal médio inicial de 352 kg, distribuídos aleatoriamente em quatro baias coletivas equipadas com comedouros do sistema de alimentação automática Intergado®, e acesso *ad libitum* a água e dieta total. O segundo experimento, realizado em paralelo, avaliou os parâmetros de saúde e fermentação ruminal de quatro bovinos Nelore fistulados no rúmen. Os tratamentos foram os mesmos em ambos os experimentos: 1) Controle

negativo (CON; sem aditivo); 2) Monensina (MON; 27 ppm/kg/MS; 3) Aditivo a base de um blend de óleos essenciais (OE; 1,3g/kg MS); e 4) Aditivo a base de parede de levedura e óleos essenciais (OEPL; 1,8g/kg MS). Para o experimento 1, nenhum efeito significativo foi observado para peso corporal inicial, peso de carcaça quente, ganho de carcaça, área de olho de lombo e espessuras de gordura do lombo e da garupa. O tratamento MON apresentou maior peso corporal final (PCF) e ganho médio diário (GMD) em comparação à dieta CON, mas não diferiu do tratamento dietético OE e OEPL. O tratamento OEPL apresentou maior consumo de matéria seca (CMS), comparado ao MON, mas não diferiu de CON e OE. Por outro lado, o tratamento dietético MON apresentou maior eficiência alimentar que o CON e o OE, porém não diferiu do tratamento OEPL. Os animais alimentados com MON tiveram menor rendimento de carcaça em comparação ao tratamento com OE, e mostrou similaridade com os demais tratamentos. Os tratamentos CON e OE apresentaram maior presença de abscessos no fígado em comparação com MON e OEPL. No experimento 2, foi detectado aumento no consumo de fibra solúvel em detergente neutro (FDN) para bovinos tratados com OE em comparação a MON. Para digestibilidade total dos nutrientes, pH médio, síntese de proteína microbiana e metabolismo de nitrogênio não foram encontradas diferenças significativas. Foi detectado aumento do pH mínimo para o tratamento MON em comparação aos demais tratamentos. Os tratamentos CON e OE tiveram o menor pH mínimo. No seu conjunto, os resultados indicam que a junção de óleos essenciais e parede celular de levedura pode ser uma alternativa viável e sustentável ao uso da monensina em dietas para bovinos em confinamento na fase de terminação.

**Palavras-chave:** Fermentação Ruminal; Monensina; Nelore; Nutrição.

### 3.2 ABSTRACT

The present study aimed to evaluate whether yeast cell wall (*Saccharomyces cerevisiae*) and essential oil (linalool, eugenol, and geranyl acetate) based additives can replace sodium monensin as growth promoters in feedlot beef cattle. The study involved two experiments conducted at the Instituto de Zootecnia in Sertãozinho, São Paulo. The first experiment, conducted in a feedlot over 116 days, evaluated the performance parameters of 137 Nelore cattle with an initial average body weight of 352 kg, randomly distributed into four collective pens equipped with Intergado® automatic feeding system troughs, and ad libitum access to water and total diet. The second experiment, conducted in parallel, evaluated the health and ruminal fermentation parameters of four rumen-fistulated Nelore cattle. The treatments were the same in both experiments: 1) Negative control (CON; no additive); 2) Monensin (MON; 27 ppm/kg of DM); 3) Essential oil blend-based additive (EO; 1,3g/kg of DM); and 4) Yeast cell wall and essential oil-based additive (OEPL 1,8g/kg of DM). For experiment 1, no significant effects were observed for initial body weight, hot carcass weight, carcass gain, loin eye area, and fat thickness of the loin and rump. The MON treatment showed higher final body weight (FBW) and average daily gain (ADG) compared to the CON diet, but did not differ from the OE and OEPL treatments. The OEPL treatment showed higher dry matter intake (DMI) compared to MON but did not differ from CON and EO. On the other hand, the MON dietary treatment showed higher feed efficiency than CON and EO, but did not differ from the OEPL treatment. Animals fed with MON had lower carcass yield compared to the EO treatment and showed similarity to the other treatments. The CON and EO treatments showed a higher incidence of liver abscesses compared to MON and OEPL. In experiment 2, an increase in neutral detergent fiber (NDF) intake was detected for cattle treated with EO compared to MON. For total nutrient digestibility, average pH, microbial protein synthesis, and nitrogen metabolism, no significant differences were found. An increase in minimum pH was detected for the MON treatment compared to the other treatments. The CON and EO treatments had the lowest minimum pH. Overall, the results indicate that the combination of essential oils and yeast cell wall can be a viable and sustainable alternative to the use of monensin in diets for finishing feedlot cattle.

**Keywords:** Ruminal Fermentation; Monensin; Nelore; Nutrition.

### 3.3 INTRODUÇÃO

A terminação de bovinos de corte em confinamentos é uma prática comum na pecuária intensiva. Nesses sistemas, os animais são alimentados com dietas ricas em concentrados para alcançarem o peso ideal de abate em um período mais curto (Webb et al., 2021). No entanto, devido ao alto nível de carboidratos de rápida fermentação nessas dietas, surge a necessidade de utilização de estratégias alimentares, a fim de promover o equilíbrio ruminal e melhorar a eficiência alimentar dos animais (Dian et al., 2020). Os aditivos alimentares, com destaque para os ionóforos, desempenham um papel crucial na modulação do padrão fermentativo ruminal e na otimização do desempenho animal em sistemas de confinamento (Marques & Cooke, 2021).

A monensina sódica é o ionóforo mais empregado em dietas de bovinos em terminação e apresenta diversas vantagens, tais como a redução da produção de metano, melhoria na utilização dos nutrientes e prevenção de distúrbios metabólicos (Husz et al., 2021). No entanto, sua proibição em alguns países, motivada por preocupações com a resistência bacteriana e seu impacto na saúde humana, gerou a necessidade de buscar aditivos alternativos viáveis e eficazes, incentivando pesquisadores a explorar novas estratégias nutricionais para melhorar o desempenho e a saúde dos animais em sistemas de produção intensiva (Ghimpeteanu et al., 2022). Assim, os óleos essenciais e prebióticos à base de parede de levedura surgem como possíveis substitutos dos ionóforos na terminação de bovinos de corte em confinamento (Assis et al., 2023).

Os óleos essenciais são compostos naturais provenientes de plantas, e apresentam um modo de ação semelhante ao dos ionóforos. Eles têm o potencial de influenciar positivamente a microbiota ruminal, otimizar a digestão dos nutrientes e reduzir distúrbios metabólicos (Assis et al., 2023). Substâncias como o acetato de geranila, eugenol e o linalol, presentes em óleos essenciais podem reduzir a incidência de acidose, melhorar o desempenho animal, e promover a saúde ruminal em bovinos de corte em confinamento (Ferreira et al., 2024). Por outro lado, os

prebióticos à base de parede de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) desempenham um papel fundamental no equilíbrio do trato digestivo dos animais, estimulando o crescimento de microrganismos benéficos ao meio e promovendo maior saúde do trato gastrointestinal de ruminantes (Rients et al., 2023).

Apesar do potencial promissor dos óleos essenciais e aditivos à base de parede de levedura, ainda são escassos os estudos que investigam suas combinações, e eficácia em dietas de bovinos de corte em terminação. Portanto, torna-se necessária a realização de pesquisas que explorem os efeitos sinérgicos desses aditivos, visando otimizar a eficiência alimentar, saúde digestiva e desempenho de bovinos de corte em confinamento. Diante disso, o objetivo desse estudo foi avaliar se o uso de aditivos naturais, a base de parede de levedura e óleos essenciais, pode substituir a monensina sódica como promotor de crescimento para bovinos de corte em sistema de confinamento. Nossa hipótese é que esses aditivos naturais possam substituir a monensina sódica, sem comprometer o desempenho, saúde ruminal e características de carcaça dos animais.

## 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.4.1 Localização e declaração de ética

Este estudo foi realizado com a colaboração entre o Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC Oeste), Chapecó-SC, e o Instituto de Zootecnia (IZ) da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA) Bovinos de Corte, Sertãozinho-SP. Todos os procedimentos envolvendo os animais neste estudo foram conduzidos de acordo com as Diretrizes do Comitê para o Uso e Cuidado de Animais Institucionais do IZ, em conformidade com a legislação brasileira para a utilização de animais em relatórios científicos, sob o protocolo número “353-2022” (Lei Estadual 11.977, Estado de São Paulo). Dessa forma, foram realizados dois experimentos. O primeiro focou na avaliação de desempenho, características de carcaça e saúde hepática de bovinos confinados. O segundo, utilizando animais fistulados, teve como objetivo avaliar os parâmetros relacionados à fermentação ruminal. Ambos os experimentos foram



conduzidos nas instalações do IZ, localizadas a 21°10' de latitude norte e 48°5' de longitude oeste.

### 3.4.2 Experimento 1

#### 3.4.2.1 Delineamento experimental e tratamentos

Foram utilizados 137 bovinos Nelore (*Bos taurus indicus*), machos não castrados, com peso corporal (PC) inicial de  $352 \pm 6$  kg e idade aproximada de 24 meses. No início do experimento, os animais foram submetidos ao protocolo sanitário com uso de ivermectina (1 mL para cada 50 kg de peso vivo), vitamina A D e E (5 mL por animal), vacina contra clostridiose (3 mL por animal) e albendazole (1 mL para cada 33 kg de peso vivo).

Os animais foram estratificados em grupos por peso corporal inicial em um delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos, sendo esses: 1) Controle negativo (sem aditivo; CON) (33 animais); 2) Monensina (27 ppm/kg MS; MON) (37 animais); 3) Aditivo a base de óleos essenciais (acetato de geranila e eugenol, 1,3g/kg MS; OE) (33 animias); e 4) Aditivo a base de parede de levedura e óleos essenciais (linalol, acetato de geranila, e parede celular de levedura *Saccharomyces cerevisiae*, 1,8g/kg MS; OEPL) (34 animais).

#### 3.4.2.2 Instalações, duração do experimento dieta e manejo alimentar

Os animais foram alocados em quatro baias coletivas equipadas com seis comedouros automatizados da marca Intergado® (Intergado Ltda., Contagem, Minas Gerais, Brasil), garantindo acesso *ad libitum* à dieta total e água. Cada visita dos animais aos comedouros era registrada pelo sistema, incluindo o número do animal, número do equipamento, horários de início e término do consumo, além do peso corporal (Chizzotti et al., 2015).

Os animais foram submetidos a um período de 14 dias para se adaptarem às instalações. Durante esse período, os animais receberam uma dieta basal composta por 75% de silagem de milho e 25% de concentrado (milho moído, farelo de trigo, casca de soja, farelo de soja, casca de arroz, calcário, óleo vegetal, ureia

pecuária, minerais e vitaminas), sem adição de aditivos. Após a adaptação às instalações, deu-se início ao período experimental, totalizando 116 dias. Desses, 14 dias foram dedicados ao protocolo de adaptação à dieta e 102 dias à coleta de dados.

O programa dietético de adaptação foi constituído de 2 dietas *ad libitum* durante 14 dias, com nível de inclusão de concentrado na dieta começando com 55% na semana 1 e aumentando para 58% na semana 2, com base na matéria seca (MS). Após esses 14 dias, a dieta experimental de terminação foi constituída de 30% de silagem de milho e 70% de concentrado (DeHeus®). Os ingredientes foram coletados semanalmente para determinação da composição nutricional da dieta (Tabela 1). Durante o período experimental os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8h e às 14h. A quantidade de ração fornecida foi ajustada diariamente por meio de leitura e escore de cocho conforme metodologia descrita por Pritchard (1998), a fim de manter no máximo 5% das sobras. Todos os ingredientes e dieta total foram amostrados semanalmente e armazenados a -20°C, para posterior determinação da composição química.

#### 3.4.2.3 Desempenho e ultrassonografia de carcaça

Durante o período experimental, os animais foram observados pelo menos uma vez ao dia para registrar qualquer anomalia (como perda de etiquetas, inchaço ou lesões) que pudesse comprometer o estudo. O CMS foi registrado ao longo de 86 dias através dos comedouros automáticos. Posteriormente, devido a problemas operacionais com o sistema Intergado®, os animais precisaram ser realocados para novas instalações, compostas por quatro baias coletivas (cada uma com 320 m<sup>2</sup>), equipadas com comedouros e bebedouros coletivos. Para análise estatística dos dados de CMS, foram considerados apenas os registros obtidos pelo sistema Intergado®.

A flutuação diária no CMS foi calculada para cada animal em cada estudo como a diferença no CMS entre dias consecutivos durante todo o período de alimentação (BEVANS et al., 2005). A flutuação foi expressa em percentual do CMS, ou em kg por animal, em relação ao dia anterior de acordo com a fórmula:

217 Flutuação do CMS, % = [(CMS do dia atual – CMS do dia anterior) /CMS do  
218 dia anterior] × 100.

219 Os animais foram pesados após um jejum de 16 horas nos dias 0, 21 e 116  
220 do período experimental. O ganho médio diário (GMD) foi calculado utilizando a  
221 inclinação da regressão do peso corporal, e a eficiência alimentar calculada a partir  
222 do ganho médio diário e do consumo de matéria seca.

223 Ao final do período experimental, no dia 116, os animais foram submetidos  
224 a ultrassonografia de carcaça, utilizada para o cálculo da área de olho de lombo  
225 (AOL) e espessuras de gordura subcutânea no lombo (EGL) e na garupa (EGG),  
226 conforme metodologia descrita por Herring et al. (1994). No procedimento  
227 operacional do ultrassom, os animais foram contidos e tiveram a pele limpa e  
228 preparada com óleo vegetal, que serviu como acoplante acústico. Utilizou-se um  
229 equipamento de ultrassom veterinário Pie Medical Aquila (Esaote Europe B.V) com  
230 sonda de 17 cm para a coleta de imagens. O sítio anatômico para as medidas de  
231 AOL e EGL foi entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costela, e para a EGG na junção dos músculos  
232 *Gluteus Medium* e *Biceps Femoris*. As imagens foram analisadas utilizando o  
233 programa Echo Image Viewer 1.0 (Pie Medical Equipment B.V. 1996).

234

#### 235 3.4.2.4 Abate e características de carcaça

236 O abate dos animais aconteceu após jejum de 16 horas por meio de  
237 insensibilização, e posterior sangria de acordo com rotina de abate de bovinos no  
238 Brasil, em um frigorífico comercial (Frigol) localizado em Lençóis Paulista/SP. Após  
239 a toalete, as carcaças foram pesadas separadamente obtendo-se o peso da  
240 carcaça quente (PCQ). O rendimento de carcaça (RC) foi obtido em porcentagem  
241 do peso da carcaça quente em relação ao peso corporal ao abate, de acordo com  
242 a metodologia descrita por Brown et al. (1975). O ganho de carcaça foi calculado  
243 assumindo rendimento de carcaça inicial igual a 50%, como segue:

244 Ganho de carcaça, kg = ((PCf × RC/100) – (PCi, × 0,5)) / número de dias em  
245 teste.

246 Onde, PCf = peso corporal final (kg), PCi = peso corporal inicial (kg) e RC =  
247 rendimento de carcaça (%). Já o ganho de carcaça foi estimado assumindo um

rendimento de carcaça de 50% do peso corporal no início do ensaio e considerando o ganho de carcaça após o abate dos animais.

#### 3.4.2.5 Abscesso hepático

A detecção do abscesso hepático foi realizada por um único observador treinado logo após o abate. O procedimento consistiu em fatiar e avaliar o fígado em busca de anormalidades. Os animais foram classificados como abscesso hepático positivo ou negativo de acordo com a detecção de qualquer estrutura focal composta por uma massa semilíquida transparente amarelo-esverdeada de tecido necrótico circundada por uma cápsula de tecido conjuntivo (Cabral et al., 2019).

### 3.4.3 Experimento 2

#### 3.4.3.1 Delineamento experimental

Foram utilizados 4 bovinos da raça Nelore (*Bos taurus indicus*), machos castrados, fistulados no rúmen, com peso corporal (PC) inicial de  $419 \pm 4,19$  kg e idade aproximada de 24 meses. No início do experimento os animais foram submetidos ao mesmo protocolo sanitário descrito para o Experimento 1. Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental de quadrado latino 4 x 4 para ensaios de fermentação ruminal e digestibilidade. Os animais foram randomizados para receber os mesmos tratamentos já descritos no Experimento 1 (CON, MON, OE e OEPL). Os aditivos foram previamente adicionados ao concentrado, que diariamente era incorporado à fonte forrageira para compor a dieta total.

#### 3.4.3.2 Instalações, duração do experimento e manejo alimentar

Os animais foram mantidos em baias individuais (12 m<sup>2</sup>) com piso de concreto, equipadas com comedouro e bebedouro em linha e, acesso *ad libitum* à água e à dieta total. Primeiramente, os animais foram submetidos a 24 dias de adequação às instalações, e 14 dias em protocolo de adaptação às dietas. Durante as adaptações, foi fornecida dieta basal constituída de 75% de silagem de milho e

25% de concentrado (milho moído, farelo de trigo, casca de soja, farelo de soja, casca de arroz, calcário calcítico, óleo vegetal, uréia pecuária, minerais e vitaminas), sem inclusão de aditivos. Após os intervalos de adaptações, os animais foram submetidos a quatro períodos experimentais de 24 dias, sendo 21 dias submetidos aos tratamentos e 3 dias para coletas de dados e amostras. Totalizando 96 dias em experimento. A composição das dietas experimentais foram as mesmas daquelas utilizadas no experimento 1. Os animais foram alimentados uma vez ao dia, às 11:00 horas. A quantidade de alimento fornecido foi ajustada diariamente por meio de leitura e escore de cocho segundo a metodologia descrita por Pritchard (1998), de forma a manter no máximo 5% da sobra.

### 3.4.3.3 *Parâmetros ruminais*

No dia 22 de cada período, o líquido ruminal foi coletado de múltiplos locais do rúmen dos bovinos (dorsal anterior, ventral anterior, ventral médio, dorsal posterior e ventral posterior). As coletas foram realizadas antes da alimentação matinal (tempo 0h) e em 2h, 4h, 6h, 8h, 12h, 18h, 22h e 24h após alimentação, totalizando 9 amostragens por período experimental, conforme as recomendações de Yáñez-Ruiz et al. (2016). Nos mesmos horários o pH foi medido com potenciômetro (TEC 7, Tecnal®, Piracicaba, SP, Brasil), para obtenção da curva de variação ao longo do tempo. Após a aferição do pH, o fluído ruminal foi filtrado em quatro camadas de gaze até total extração da parte líquida, que foi amostrada e armazenada para análises de AGCC e nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>).

Alíquotas de 1,600 µL de líquido ruminal foram misturadas com 1 mL de ácido sulfúrico (0,5 v/v) e posteriormente centrifugadas a 7.000 × g por 15 min a 4°C, e o sobrenadante de cada amostra foi armazenado a - 20°C para análises adicionais de AGCC. As concentrações de AGCC foram determinadas por cromatografia gasosa (Nexis GC-2030; Shimadzu, Japão) equipada com capilar de vidro (Supelco NukolTM; 30000 cm x 0,53 mm id) e acoplado a um detector de chama de ionização (FID) e o N<sub>2</sub> foi usado como gás de traçador. Para análise de N-NH<sub>3</sub>, outra alíquota de 2mL de líquido ruminal, conservada com ácido sulfúrico (1mL, 0,5 Mol/LH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e armazenada a -20°C foi utilizada. As amostras foram centrifugadas a 1000g por 15 minutos em temperatura constante de 4°C. O

sobrenadante foi novamente centrifugado em micro tubo plástico com capacidade de 2mL por 30 minutos, em velocidade de 20000g, em temperatura de 4°C. A concentração de N-NH<sub>3</sub> foi determinada pelo método colorimétrico de fenol-hipoclorito descrito por Chaney and Marbach (1962).

#### 3.4.3.4 Digestibilidade

A avaliação da digestibilidade foi realizada por meio de coleta de amostras fecais de cada animal durante os dias 22, 23 e 24 de cada período experimental. Após as coletas, as amostras foram armazenadas a -20°C e posteriormente homogeneizadas proporcionalmente (em base úmida) para formar amostras compostas, que foram secas em estufa de ar forçado a 55°C durante 72 horas. As amostras secas de ingredientes alimentares, sobras e fezes foram trituradas em moinho Willey com tela de 2 mm (TE 650 ®; Tecnal Piracicaba, SP, Brasil). A excreção fecal total de MS foi determinada com base na ingestão de FDN indigestível (FDNi) e sua concentração nas fezes de acordo com Casali et al. (2008).

Para análise do teor de FDNi, amostras secas e moídas dos alimentos, sobras e fezes foram colocadas em sacos de tecido (tamanho de poro 50 µm, 100 g/m) com dimensões de 5 × 5 cm. As amostras foram incubadas no rúmen de dois bovinos canulados recebendo dieta semelhante às do experimento. Após 288 horas de incubação, as amostras foram lavadas em água corrente e analisadas quanto ao teor de FDNi (Casali et al., (2008).

#### 3.4.3.5 Síntese de proteína microbiana

A síntese microbiana de nitrogênio (N) foi determinada de acordo com Chen & Gomes (1992), avaliando derivados de purinas na urina. Para isso, o volume urinário diário foi estimado com base nas concentrações de creatinina na urina. Amostras de urina foram coletadas às 9 horas do dia 22, 23 e 24 de cada período experimental. Cada amostra de urina foi filtrada e uma alíquota (20 mL) foi imediatamente diluída com solução de ácido sulfúrico (80 mL, 0,036 N) e armazenada a -20°C. O débito urinário total diário foi estimado com base na

concentração de creatinina urinária, que foi determinada utilizando kits comerciais (kit comercial, Bioclin® cód K139) por reação enzimática colorimétrica cinética com leituras feitas em analisador bioquímico semiautomático (SBA - 200, CELM®). A excreção urinária diária de creatinina foi estimada com base na relação de 24,05 mg/kg de peso corporal do animal, conforme descrito por Chizzotti et al. (2008).

A alantoína na urina foi analisada pelo método colorimétrico Chen & Gomes (1992). A excreção total de derivados de purina (PD, mmol/d) foi calculada como a soma das quantidades de alantoína e ácido úrico excretadas na urina (Orellana Boero et al., 2001). A PD absorvida (PD abs, mmol/d) foi calculada da seguinte forma:  $PD\ abs = (PD - 0,385 \times PC\ 0,75) \div 0,84$ ; em que 0,84 representa a recuperação da PD abs como DP e  $0,385 \times PC\ 0,75$  representa a excreção endógena da DP (Chen & Gomes, 1992). A síntese ruminal de compostos nitrogenados (N mic g de N/d) foi calculada com base no PD abs através da equação de Chen & Gomes (1992):  $N\ mic = (70 \times PD\ abs) \div (0,83 \times 0,134 \times 1000)$ ; em que 70 é o conteúdo de N derivados de purina (mg N/mol), 0,134 é a razão entre N derivados de purinas e N microbiano (Valadares et al., 1999) e 0,83 é a digestibilidade intestinal das purinas microbianas.

#### 3.4.4 Análises químicas

As análises químicas em ambos experimentos seguiram a mesma metodologia. De início, as amostras de alimentos foram secas a 55 °C em estufa de ventilação forçada por 72 h e moídas a 1 mm em moinho Wiley (TE 650®; Tecnal Piracicaba, SP, Brasil). Posteriormente, foram analisadas quanto à matéria seca (MS; método 930.15; AOAC, 1990), cinzas (MM; método 942.05; AOAC, 1990), proteína bruta (PB; Dumatherm®; Gerhardt GmbH & Co, Königswinter, Alemanha; método 990.13; AOAC, 2005) e extrato etéreo (EE; método 2003.05; AOAC, 1990). A matéria orgânica (MO) foi calculada a partir da diferença entre os teores de MS e cinzas. Para fibra em detergente neutro (FDN), as amostras foram tratadas com alfa amilase termoestável sem sulfito de sódio (VAN SOEST et al., 1985) e adaptadas para Analisador de Fibra (TE 149; Tecnal®, Piracicaba, SP, Brasil). A técnica enzimática descrita na AOAC (método 996.11) foi empregada para

determinar a concentração de amido em um laboratório comercial (EsalqLab, Universidade de São Paulo, Piracicaba, Brasil). O kit de ensaio de amido total (AA/AMG, Megazyme®) foi utilizado para esse fim. A medição das amostras foi realizada com um espectrofotômetro UV-M51 (Bel Engineering em Monza, Itália).

#### 3.4.5 Análises estatísticas

Experimento 1: Todas as análises estatísticas foram realizadas no SAS versão 9.4 (SAS Institute Inc.). O efeito dos aditivos no desempenho e nas características de carcaça foi ajustado através de modelos lineares mistos generalizados utilizando o procedimento GLIMMIX. O modelo incluiu o efeito fixo do tratamento. A normalidade dos resíduos foi analisada com probabilidade normal e visualização de box plots. Para dados de espessura de gordura do lombo, foi necessária a transformação logarítmica; no entanto, os resultados apresentados foram retro transformados. A variável peso corporal inicial foi oferecida a todos os modelos como covariável para controlar efeitos de confusão. As médias dos mínimos quadrados foram comparadas pelo teste de Tukey. Os dados de abscesso hepático foram analisados como distribuição binomial usando o procedimento GLIMMIX. As diferenças foram consideradas significativamente diferentes quando  $P \leq 0,05$  e tendência em  $P > 0,05$  e  $\leq 0,10$ .

Experimento 2: O efeito dos aditivos sobre as variáveis do rúmen foi ajustado através de modelos lineares generalizados mistos utilizando o procedimento GLIMMIX. O modelo incluiu o efeito fixo do tratamento e o efeito aleatório do período e do animal dentro do tratamento. A normalidade dos resíduos foi analisada com visualização de gráficos de probabilidade normal e box plots. As médias dos mínimos quadrados foram comparadas pelo teste de Tukey. As diferenças foram consideradas significativamente diferentes quando  $P \leq 0,05$ , e tendência em  $P > 0,05$  e  $\leq 0,10$ .



## 399 3.5 RESULTADOS

### 400 3.5.1 Experimento 1

401 Os resultados de desempenho e características de carcaça estão  
402 apresentados na Tabela 2. Não foi observado efeito significativo para o peso  
403 corporal inicial, peso de carcaça quente, ganho de carcaça, área de olho de lombo  
404 e espessuras de gordura do lombo e da garupa ( $P > 0,05$ ). Entretanto, foi observada  
405 tendência e efeito significativo para PCF ( $P = 0,09$ ) e GMD ( $P = 0,03$ ),  
406 respectivamente. O tratamento dietético MON apresentou maior PCF e GMD em  
407 comparação ao CON (546 kg; 1,65 kg/d vs. 529kg; 1,49 kg/d), mas não diferiu dos  
408 tratamentos OE e OEPL. Apesar de maiores diferenças numéricas no PCF (+9 kg)  
409 e no GMD (+110 g/d) do OEPL em comparação ao CON, não foram observadas  
410 diferenças estatísticas significativas. O tratamento OEPL apresentou maior CMS  
411 (em kg e em g/kg PC), comparado ao MON ( $P < 0,006$ ), mas não diferiu do CON e  
412 OE ( $P > 0,05$ ). Comparado ao tratamento MON, o aumento no CMS em kg foi de  
413 7%. Por outro lado, o tratamento MON apresentou maior eficiência alimentar que o  
414 CON e o OE ( $P = 0,003$ ), porém não diferiu do tratamento OEPL ( $P > 0,10$ ). Os  
415 animais alimentados com dieta MON apresentaram menor rendimento de carcaça  
416 (%) em comparação ao tratamento OE ( $P = 0,027$ ). Os tratamentos dietéticos CON  
417 e OE apresentaram maior presença de abscessos hepáticos em comparação aos  
418 MON e OEPL ( $P = 0,030$ ). Em média, a presença de abscesso hepático foi de  
419 4,62% para MON e OEPL vs. 23% para CON e OE.

420 Os resultados para flutuação no consumo de matéria seca são apresentados  
421 na Tabela 3 e Figura 1. Maior flutuação de CMS foi detectada para OE e OEPL ( $P$   
422  $< 0,0001$ ), principalmente durante o período de adaptação (0-12 dias de estudo),  
423 quando comparado aos animais dos tratamentos CON e MON. Houve interação  
424 significativa entre período e tratamentos dietéticos para tempo gasto comendo e  
425 taxa de consumo de MS (min/kg), onde os animais tratados com MON gastaram  
426 mais tempo comendo em comparação aos animais do tratamento OEPL durante à  
427 adaptação ( $P < 0,0001$ ). Em relação ao número de visitas por dia, os bovinos  
428 tratados com MON e OE tiveram mais visitas que os do tratamento OEPL durante  
429 o período total e de adaptação ( $P < 0,0001$ ).

430

431 **3.5.2 Experimento 2**

432 Os resultados de consumo e digestibilidade dos nutrientes estão  
433 apresentados na Tabela 4. Foi detectado aumentado significativo apenas no  
434 consumo de FDN para bovinos tratados com OE em comparação ao tratamento  
435 MON ( $P = 0,035$ ). Para digestibilidade total dos nutrientes e demais variáveis não  
436 foram encontradas diferenças significativas ( $P > 0,10$ ).

437 Para síntese de proteína microbiana e metabolismo de nitrogênio não houve  
438 diferença estatística significativa entre os tratamentos dietéticos aqui estudados  
439 (Tabela 5) ( $P > 0,10$ ). As características de fermentação dos diferentes tratamentos  
440 estão resumidas na Tabela 6. Não houve efeito dos tratamentos no pH médio ( $P >$   
441  $0,05$ ). Representando os valores de pH em máximo e mínimo, foi detectado  
442 aumento do pH mínimo para o tratamento MON em comparação aos demais  
443 tratamentos ( $P < 0,05$ ). Além disso, os tratamentos CON e OE tiveram o menor pH  
444 mínimo ( $P < 0,05$ ) e OEPL teve um pH mínimo intermediário. Os tratamentos não  
445 afetaram a concentração de AGCC total e N-amoniacal entre os tratamentos.  
446 Entretanto, foi detectado um leve efeito no perfil de AGCC, no qual o tratamento  
447 MON tendeu a aumentar a proporção molar de valerato quando comparado ao  
448 tratamento CON ( $P < 0,05$ ).

449 **3.6 DISCUSSÃO**450 **3.6.1 Experimento 1**

451 Nossa hipótese era que os aditivos naturais, como óleos essenciais e parede  
452 de levedura pudessem substituir a monensina sódica sem comprometer o  
453 desempenho e as características de carcaça dos bovinos. Confirmando nossa  
454 hipótese, os resultados obtidos em nossos estudos indicaram que os diferentes  
455 aditivos dietéticos não influenciaram substancialmente essas características.  
456 Penner et al. (2011) descrevem que os ruminantes possuem mecanismos de  
457 adaptação que permitem manter o crescimento e a composição corporal, mesmo  
458 com variações na dieta ou adição de aditivos. Esses mecanismos incluem a

modificação da fermentação ruminal, onde ajustam a composição microbiana para otimizar a digestão e a eficiência na utilização de nutrientes, envolvendo adaptações no metabolismo energético e proteico. Isso inclui a capacidade de aumentar a síntese de proteínas microbianas e a mobilização de reservas corporais de gordura e proteína em resposta a deficiências dietéticas. Além disso, os ruminantes regulam o consumo de alimentos com base no feedback do rúmen, garantindo um balanço energético e nutricional adequado. Esses mecanismos são cruciais para a resiliência e a capacidade dos ruminantes de manter o desempenho produtivo em diversas condições (Hall et al., 2008).

Parâmetros como peso corporal inicial, peso de carcaça quente, ganho de carcaça, área de olho de lombo e espessura de gordura do lombo e de garupa não apresentaram variações significativas. Esses achados sugerem que os aditivos naturais testados podem manter o desempenho animal em níveis comparáveis aos proporcionados pela monensina sódica. Isso se deve à melhoria da digestibilidade dos nutrientes, à modulação positiva da microbiota ruminal, às propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias, e ao estímulo ao sistema imunológico dos ruminantes. Esses mecanismos promovem um melhor aproveitamento dos alimentos, resultando em crescimento animal e eficiência alimentar similares aos aditivos convencionais, com potencial sustentável e benefícios adicionais para a segurança alimentar (Meschiatti et al., 2019). Estudos, como o de Hristov et al. (2013), sugerem que a inclusão de aditivos naturais podem ser uma estratégia eficaz para otimizar a performance e a produção em sistemas de confinamento de bovinos, devido seus efeitos positivos na melhoria da digestibilidade dos nutrientes e maior eficiência ruminal. Além disso, Estrada-Angulo et al. (2022) compararam diretamente a monensina com a suplementação de óleo essencial em bovinos, concluindo que ambos os tratamentos mantiveram parâmetros de desempenho semelhantes, indicando que aditivos naturais são potencialmente mais sustentáveis para o manejo nutricional em sistemas de produção animal.

Conforme esperado, o tratamento MON apresentou maior PCF e GMD comparado ao CON, mas não diferiu dos tratamentos com inclusão de aditivos naturais. Esses resultados podem ser justificados pelos efeitos similares da monensina e dos óleos essenciais no ambiente ruminal. Ambos estão relacionados

à modulação da microbiota e à melhoria da fermentação no rúmen, contribuindo significativamente para o desenvolvimento corporal e ganho de peso diário (McAllister et al., 1994; Silva et al., 2023). Pesquisas realizadas por Kim et al. (2014) demonstraram que a monensina melhora a eficiência da fermentação ruminal ao suprimir bactérias gram-positivas e favorecer bactérias gram-negativas produtoras de propionato. Esse AGCC é um precursor direto da glicose no fígado, contribuindo potencialmente para maior eficiência no ganho de peso através de seu papel gliconeogênico (Kim et al., 2014).

Além da monensina, os óleos essenciais têm demonstrado efeitos benéficos significativos na modulação da microbiota ruminal e na produção de ácidos graxos voláteis. Em uma revisão abrangente e atualizada, Wells (2024) destaca que esses compostos contribuem para a redução de bactérias patogênicas e favorecem bactérias que beneficiam a fermentação ruminal e a saúde gastrointestinal dos animais. Além disso, a inclusão de óleos essenciais nas dietas de ruminantes pode aumentar a proporção de propionato e reduzir a produção de metano, resultados similares aos obtidos com a monensina (Wells, 2024). Monteschio et al. (2017) reforçaram que certos compostos dos óleos essenciais, como o eugenol e o timol, possuem propriedades antimicrobianas que suprimem seletivamente bactérias Gram-positivas, semelhantes aos efeitos da monensina, promovendo uma microbiota com maior proporção de bactérias Gram-negativas precursoras de ácido propiônico. Esta maior produção de propionato associada aos óleos não apenas melhora a eficiência energética, mas também contribui para ganhos de peso mais eficientes em ruminantes, destacando seu potencial como aditivo alimentar sustentável e promotor de desempenho animal (Monteschio et al., 2017)

Na nossa pesquisa sobre os efeitos de dietas suplementadas com óleos essenciais, comparadas com o uso de monensina, observamos resultados significativos para o CMS. McGuffey et al. (2001) discutem que a monensina pode reduzir o CMS devido ao seu impacto nas bactérias ruminais, favorecendo aquelas que produzem propionato em detrimento das celulolíticas. Essa alteração pode reduzir a eficiência na degradação da fibra, afetando indiretamente o apetite dos animais. De outro modo, Wells (2024) indicam que os óleos essenciais melhoram a palatabilidade da dieta e estimulam o apetite, proporcionando uma maior ingestão

pelos animais. Possivelmente explicando o CMS 7% maior no tratamento OEPL em comparação ao tratamento com MON observado em nosso estudo.

Orzuna-Orzuna et al. (2022) observaram que a inclusão de óleos essenciais na dieta de bovinos aumentou o consumo de matéria seca, efeito atribuído às propriedades estimulantes de consumo desses compostos bioativos. Esses compostos afetam a ingestão de alimentos por meio de mecanismos sensoriais e fisiológicos. Sensorialmente, os óleos essenciais melhoram o sabor e aroma dos alimentos, enquanto fisiologicamente, eles modulam o padrão de fermentação ruminal e aprimoram a digestibilidade (Nehme et al., 2021). Esses compostos naturais melhoram a eficiência digestiva ao alterar a microbiota ruminal, promovendo o crescimento de bactérias benéficas produtoras de propionato, uma fonte eficiente de energia para os ruminantes (Wells, 2024). Ademais, inibem microrganismos patogênicos que prejudicam a fermentação ruminal (Wells, 2024). Embora o aumento do CMS seja um indicativo positivo de uma maior ingestão de nutrientes, como carboidratos, proteínas e minerais, essenciais para o desenvolvimento corporal dos animais, não observamos efeitos significativos dessas características em nosso estudo. Essa relação entre CMS e maior performance dos animais é crucial para entender os impactos das intervenções dietéticas em sistemas de produção pecuária.

A maior flutuação de CMS detectada nos tratamentos com OE e OEPL, especialmente durante o período de adaptação, pode ser atribuída às mudanças na fermentação e na palatabilidade dos alimentos. Aquino et al. (2023) demonstram que os compostos bioativos presentes nos óleos essenciais influenciam a ingestão de matéria seca devido às suas propriedades antimicrobianas e efeitos na sobre as bactérias ruminais. De acordo com Meschiatti et al. (2019) os óleos essenciais possuem compostos bioativos que resultam na modulação na produção de AGCC e amônia. Isso pode levar a uma alteração na eficiência de utilização dos nutrientes e na palatabilidade dos alimentos, impactando a ingestão de matéria seca. Esse efeito é particularmente pronunciado durante o período de adaptação, quando os animais estão ajustando sua microbiota ruminal às novas condições dietéticas. Ademais, Ferreira et al. (2024) forneceram evidências de que os blends de óleos essenciais podem causar flutuações no CMS devido às suas propriedades

antitóxicas e antimicrobianas. A presença de compostos como timol, carvacrol e eugenol pode inibir certos microrganismos ruminais, alterando a produção de AGCC e a taxa de fermentação de carboidratos estruturais. Isso pode resultar em uma resposta adaptativa dos ruminantes, ajustando sua ingestão de matéria seca conforme a composição microbiana do rúmen se estabiliza (Ferreira et al., 2024). Medina et al. (2023) observaram que a monensina, em contraste, tende a estabilizar a ingestão de matéria seca. A monensina é um ionóforo que altera a permeabilidade das membranas celulares de bactérias gram-positivas, resultando em uma maior produção de propionato e uma menor produção de metano e amônia. Essa estabilização na produção de AGCC e na fermentação ruminal pode explicar por que os animais tratados com monensina apresentaram menor variabilidade na CMS em comparação com aqueles tratados com OE e OEPL (MEDINA et al., 2023). Orzuna-Orzuna et al. (2022) reforçam que os efeitos dos óleos essenciais são dose-dependentes e podem causar variações na ingestão de matéria seca ao modificar ao modular microbiota ruminal. A mudança na proporção de microrganismos ruminais pode levar a uma alteração na fermentação de carboidratos e proteínas, impactando diretamente a eficiência alimentar e a ingestão de matéria seca (Estrada-Angulo et al., 2022).

A interação significativa entre período e tratamentos dietéticos para o tempo gasto comendo e a taxa de consumo de MS (min/kg), onde os animais tratados com monensina gastaram mais tempo comendo em comparação aos tratados com óleos essenciais e parede de levedura, é suportada por diversos estudos que exploram a eficiência alimentar proporcionada pela monensina. Leone & Ferrante (2023) destacaram que a monensina melhora a eficiência de fermentação ruminal, resultando em maior tempo de mastigação e melhor taxa de CMS. Este aumento no tempo gasto comendo pode ser devido à maior estabilidade na fermentação ruminal, promovida pela monensina, que resulta em uma digestão mais eficiente e constante. A monensina atua alterando a permeabilidade das membranas celulares de bactérias gram-positivas, promovendo uma menor relação acetato:propionato e menor produção de metano e amônia, o que contribui para uma digestão mais estável e eficiente (Zornitta et al., 2024). Além disso, Neumann et al. (2018) corroboram com esses achados e indicam que a monensina apesar de reduzir o

CMS, pode aumentar a atividade de mastigação, pois é capaz melhorar a eficiência da digestão de fibras, permitindo que os animais extraiam mais nutrientes dos alimentos fibrosos. Isso prolonga o tempo de ruminação e, conseqüentemente, o tempo gasto comendo.

Em relação ao número de visitas por dia, os bovinos tratados com MON e OE tiveram mais visitas que os do tratamento OEPL durante o período total e de adaptação. Isso pode ser explicado pela influência dos tratamentos dietéticos no comportamento de busca por alimento, bem como, pelos mecanismos de ação da monensina e dos óleos no ambiente ruminal. A monensina aumenta a frequência das refeições devido à estabilização da fermentação ruminal, promovendo um ambiente ruminal mais estável. Este ambiente estável pode reduzir a ocorrência de distúrbios metabólicos, incentivando os animais a se alimentarem com mais frequência (Weiss et al., 2020). De outro modo, revisões de literatura mostram que os óleos essenciais podem ter efeitos variados no comportamento alimentar, dependendo da sua composição (Orzuna-Orzuna et al., 2022). Compostos bioativos como o eugenol, podem aumentar a variabilidade do comportamento alimentar devido aos seus efeitos sobre a palatabilidade da dieta, microbiota e a fermentação ruminal, influenciando o número de visitas ao comedouro (Monteschio et al., 2017).

Os animais alimentados com MON apresentaram maior eficiência alimentar em comparação ao CON e OE, mas não diferiram do tratamento OEPL. A monensina é amplamente reconhecida por melhorar a eficiência alimentar em bovinos (Potter et al., 1985). Fator que pode ser atribuído a mecanismos fisiológicos relacionados ao beneficiamento de microrganismos produtores de propionato no rúmen, que são uma fonte de energia mais eficiente para os ruminantes (Vyas et al., 2018). Adicionalmente, a monensina diminui a produção de ácido láctico no rúmen, ajudando a prevenir a acidose ruminal e estabilizando o pH ruminal, o que promove um ambiente mais favorável para a fermentação dos alimentos (Husz et al., 2021). Esses mecanismos combinados podem explicar como a monensina contribui significativamente para a melhoria da eficiência alimentar e do desempenho dos bovinos em nosso estudo. Corroborando nossos achados, Lamag et al. (2021) destacaram que a monensina melhora a eficiência alimentar,

especialmente em dietas de alta energia na fase de terminação, levando a uma conversão alimentar mais eficiente e ganho de peso mais consistente. Isto é, a monensina otimiza a utilização de dietas ricas em grãos ao aumentar a eficiência de absorção de nutrientes energéticos, como o amido, contribuindo para uma maior disponibilidade de energia metabolizável para processos produtivos, como o ganho de peso (Lamag et al., 2021).

Para justificar a similaridade de resultados entre os tratamentos MON e OEPL quanto a eficiência alimentar, os óleos essenciais possuem propriedades antibacterianas e antioxidantes que beneficiam a saúde intestinal dos bovinos, aumentando a absorção de nutrientes e melhorando o desempenho animal (Torres et al., 2021). A parede de levedura, por sua vez, contém beta-glucanos e mananoligossacarídeos que estimulam o sistema imunológico dos bovinos, reduzindo o estresse e melhorando a saúde digestiva. Esse efeito pode levar a uma digestão mais eficiente e uma melhor utilização dos nutrientes da dieta (Leone & Ferrante, 2023). Além disso, a parede de levedura atua como um prebiótico, promovendo o crescimento de bactérias benéficas no trato gastrointestinal dos animais de produção, o que melhora a digestão e a absorção de nutrientes (Peng et al., 2020). A junção dos óleos essenciais com a parede de levedura além de impactar as condições do rúmen, também podem ter reflexos sobre a saúde e estabilidade intestinal dos animais, promovendo maior sensação de bem e estar, e consequentemente melhora da eficiência alimentar (Leone & Ferrante, 2023).

Dessa forma, nossos resultados mostram que tanto a monensina quanto os óleos essenciais e a parede de levedura oferecem diferentes mecanismos para aumentar a eficiência alimentar em bovinos. Esses aditivos melhoram a fermentação ruminal, reduzem as perdas energéticas e promovem uma saúde intestinal melhor, contribuindo significativamente para o desempenho produtivo.

O rendimento de carcaça foi significativamente menor no tratamento MON em comparação ao OE. Esse resultado pode ser atribuído a variabilidade genética, e a diferenças na composição da carcaça dos animais, influenciadas pelas características nutricionais das dietas testadas (Li et al., 2020). A influência da monensina e de outros aditivos sobre o rendimento de carcaça em bovinos envolve a complexa dinâmica da partição de nutrientes e deposição de gordura. Estudos,



como os de Meyer et al. (2009) sugerem que a monensina pode alterar essa partição, direcionando mais energia para o crescimento magro em detrimento do acúmulo de gordura. Esse efeito pode resultar em carcaças com menor teor de gordura, o que impacta negativamente o rendimento de carcaça, uma vez que a gordura contribui significativamente para o peso total da carcaça. Ademais, Silva et al. (2023) já investigavam os efeitos da monensina na composição corporal de novilhos e encontraram uma redução significativa na deposição de gordura subcutânea e intramuscular, o que pode afetar diretamente o rendimento de carcaça. Mesmo sem diferença no peso corporal final dos animais, esses resultados de rendimento de carcaça, indicam que a monensina pode direcionar mais energia para o crescimento muscular, em detrimento da gordura. Esta redução na gordura pode ser vantajosa em termos de eficiência alimentar e ganho de peso, mas pode comprometer o rendimento da carcaça, um aspecto crucial na produção de carne bovina de qualidade (Medina et al., 2023).

Tratamentos dietéticos CON e OE apresentaram maior presença de abscessos hepáticos comparado aos MON e OEPL. Dietas ricas em carboidratos rapidamente fermentáveis, como grãos, são frequentemente utilizadas na fase de terminação dos animais para maximizar o ganho de peso e a eficiência alimentar. No entanto, essas dietas podem levar a condições subaguda de acidose ruminal, uma condição metabólica complexa que tem implicações significativas para a saúde e o desempenho dos animais (Monteiro & Faciola, 2020). Quando os ruminantes consomem dietas com elevado teor de alimentos concentrados, a rápida fermentação microbiana no rúmen resulta na produção excessiva de AGCC. O aumento na produção de AGCC, especialmente o ácido láctico, pode reduzir o pH ruminal para níveis abaixo de 5,8, o que caracteriza a acidose ruminal subaguda prejudicando a integridade da parede ruminal (Aschenbach et al., 2011). Lettat et al. (2010) elucidam que a acidose ruminal subaguda predispõe os ruminantes à formação de abscessos hepáticos devido à translocação de bactérias através da parede ruminal comprometida. Essas bactérias, uma vez no fígado, desencadeiam uma resposta inflamatória que resulta na formação de abscessos. Reis et al. (2018) explicam que a translocação bacteriana ocorre quando bactérias do rúmen, como *Fusobacterium necrophorum* e *Arcanobacterium pyogenes*, penetram na parede

ruminal danificada e entram na corrente sanguínea, eventualmente alcançando o fígado onde podem formar abscessos hepáticos. Ademais, os autores destacam que a dieta e o uso de aditivos alimentares são determinantes na prevenção dessa condição, o que justifica parcialmente os nossos resultados (Reis ET al., 2018). Melchior et al. (2018) confirmam que a monensina pode modular a microbiota e diminuir a acidez ruminal, assim, estabilizando o pH ruminal e reduzindo a incidência de abscessos hepáticos. A combinação de prebióticos com óleos essenciais também podem melhorar a estabilidade da microbiota ruminal e reduzir a produção de endotoxinas bacterianas, que são agentes causadores de abscessos hepáticos (Leone & Ferrante, (2023); Wells, 2024). Esse efeito sinérgico pode explicar a baixa incidência de abscessos hepáticos observada no grupo OEPL. Assim, a combinação estratégica de prebióticos com óleos essenciais representa uma abordagem promissora para melhorar a estabilidade ruminal e mitigar a produção de endotoxinas bacterianas, conhecidas por desencadear inflamação hepática em bovinos. Reduzir a incidência de inflamação hepática não só melhora o bem-estar dos bovinos, mas também promove uma melhor eficiência na conversão alimentar, crescimento mais robusto e redução dos custos associados a tratamentos veterinários e perdas de produção (Amachawadi & Nagaraja, 2022).

### 3.6.2 Experimento 2

Os resultados indicam um aumento significativo no consumo de FDN para bovinos tratados com o blend de óleos essenciais em comparação ao tratamento com monensina. A maior ingestão de FDN pode ser atribuída a alguns compostos bioativos presentes nos óleos essenciais, como linalol e o eugenol e às propriedades estimulantes desses compostos sobre o consumo e digestão (Tondini et al., 2024). Os óleos essenciais podem aumentar a ingestão de FDN em bovinos de corte alimentados com dietas com alto teor de concentrado, devido à sua capacidade de melhorar a palatabilidade, e estimular o apetite, além de modularem a microbiota ruminal (Tondini et al., 2024). Esses compostos podem inibir microorganismos indesejáveis e promover o crescimento de bactérias benéficas, criando um ambiente ruminal mais estável em relação a acidez do meio,

favorecendo à ingestão de alimentos fibrosos (Gharechahi & Salekdeh, 2018). No entanto, como observado em nossos resultados, a digestibilidade total do FDN pode não ser significativamente afetada, possivelmente devido ao efeito seletivo dos óleos essenciais sobre os microrganismos ruminais, especialmente as bactérias celulolíticas, e à concentração e tipo de óleo essencial utilizado. Embora os óleos essenciais possam modificar a microbiota ruminal, o efeito sobre a digestibilidade do FDN pode ser limitado. Isso ocorre porque os microrganismos responsáveis pela fermentação da fibra, como bactérias celulolíticas, podem não ser significativamente afetados, ou a modulação do meio ruminal não foi expressiva o suficiente para alterar a digestibilidade total de maneira mensurável estatisticamente (Gharechahi & Salekdeh, 2018). Ademais, a fermentação ruminal pode ser afetada de maneira a compensar as variações na ingestão de FDN. Por exemplo, se um aditivo melhora a eficiência da fermentação da fibra, isso pode manter a digestibilidade da FDN semelhante entre os tratamentos, apesar das diferenças na quantidade de fibra consumida (Liu et al., 2021).

Em contrapartida, a monensina é conhecida por reduzir a ingestão de fibras em certos contextos, devido à sua ação antimicrobiana seletiva. Rezaeiahvanooei et al. (2023) relataram que a monensina suprime bactérias gram-positivas, incluindo algumas espécies fibrolíticas, o que pode explicar a menor ingestão de FDN nos animais tratados com MON. A redução na população de bactérias fibrolíticas pode diminuir a capacidade de digestão de fibras, resultando em uma menor ingestão de FDN. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas na digestibilidade total da fibra e demais variáveis.

No que diz respeito à digestibilidade total dos nutrientes, a ausência de diferenças significativas entre os tratamentos pode ser explicada pela compensação de efeitos entre diferentes componentes dietéticos e a eficiência de fermentação. Silva et al. (2021) observaram que a monensina melhora a eficiência da produção de energia ao aumentar a proporção de propionato e diminuir a produção de metano e amônia, mas esse efeito pode não se traduzir em diferenças significativas na digestibilidade total dos nutrientes em dietas equilibradas. Estrada-Angulo et al. (2022) também relataram que, apesar das melhorias na eficiência de fermentação promovidas pela monensina, a digestibilidade total dos nutrientes

pode não ser significativamente diferente em comparação a dietas tratadas com óleos essenciais devido à capacidade adaptativa da microbiota ruminal em ambos os cenários. A monensina e os óleos essenciais podem ambos melhorar a eficiência de fermentação de diferentes maneiras, mas esses efeitos podem se equilibrar quando se observa a digestibilidade total dos nutrientes. Wells (2024) forneceram evidências de que os efeitos variáveis dos óleos essenciais na digestibilidade podem depender da composição específica dos compostos bioativos e da adaptação das bactérias ruminal. Esses compostos podem ter efeitos antimicrobianos seletivos que modulam a atividade de diferentes populações microbianas, impactando a digestibilidade de componentes específicos da dieta sem alterar significativamente a digestibilidade total. Portanto, os resultados observados podem ser explicados pela complexa interação entre os compostos bioativos dos óleos essenciais e a microbiota ruminal, que favorece a digestão de fibras e aumenta a ingestão de FDN, enquanto a monensina melhora a eficiência de fermentação sem impactar significativamente a digestibilidade total dos nutrientes.

Os resultados deste estudo revelaram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos dietéticos para síntese de proteína microbiana e metabolismo de nitrogênio. Da mesma forma, as características de fermentação não foram drasticamente afetadas pelos tratamentos, com exceção de algumas variações observadas no pH mínimo e na proporção molar de ácidos graxos voláteis (AGV). A similaridade na síntese de proteína microbiana entre os tratamentos pode ser explicada pela capacidade adaptativa da microbiota ruminal em converter nitrogênio dietético em proteína microbiana, independentemente do aditivo dietético utilizado (Oba & Allen, 2003). Estudos de Rezaeiahvanooei et al. (2023) e Wells et al. (2024) destacam que a eficiência na utilização de nitrogênio depende mais da composição da dieta como um todo e da disponibilidade de substratos para a microbiota do que da presença específica de aditivos como monensina, óleos essenciais ou prebióticos. No entanto, as variações no pH ruminal mínimo entre os tratamentos podem ser atribuídas aos efeitos da monensina na população bacteriana ruminal. A monensina exerce seu efeito principalmente inibindo bactérias gram-positivas, como os

lactobacilos, que são responsáveis pela produção de ácidos lácticos (McGuffey ET al., 2001; Russell & Houlihan, 2003). Isso pode resultar em uma menor produção de ácido láctico e, conseqüentemente, em um aumento no pH ruminal mínimo. Esse efeito é suportado pelos estudos de Soltan et al. (2021) e Simanungkalit et al. (2023), que demonstraram que a monensina reduz a proporção de ácido acético e butírico em favor do propionato, resultando em um perfil de AGCC alterado. A influência da monensina na proporção molar de AGCC, especificamente aumentando o valerato em comparação ao controle, pode ser explicada pelo seu efeito na fermentação de carboidratos no rúmen. A monensina altera a fermentação ruminal, promovendo a produção de propionato em detrimento de outros AGCC, como o ácido acético. Essa alteração na proporção molar de AGCC é um reflexo da mudança na dinâmica da fermentação ruminal induzida pela monensina (Sarmikasoglu et al., 2023). Em contraste, os tratamentos com óleos essenciais não mostraram diferenças significativas em relação ao controle para a maioria dos parâmetros estudados, o que pode indicar que esses aditivos possuem efeitos mais sutis sobre a fermentação ruminal. Estudos como os de Cobellis et al. (2016) e Chai et al. (2023) sugerem que os óleos essenciais podem modular a microbiota ruminal de maneira que favoreça a digestão de fibras e a produção de AGCC, mas sem impactar significativamente a síntese de proteína microbiana ou o perfil geral de fermentação. Portanto, os resultados destacam a complexidade na interação entre aditivos dietéticos, microbiota ruminal e processos de fermentação no rúmen. Enquanto a monensina influencia diretamente a composição e o metabolismo da microbiota, os óleos essenciais e prebióticos podem ter efeitos mais moderados, potencializando certos aspectos da digestão e fermentação sem causar mudanças marcantes nos parâmetros estudados.

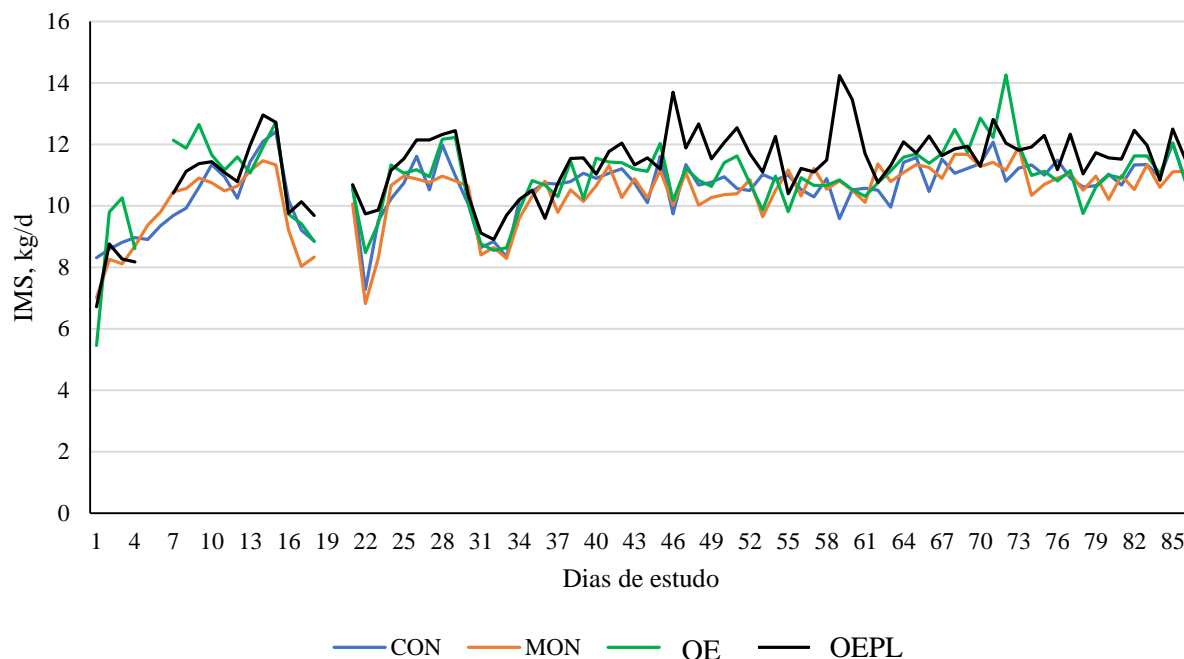
### 3.7 CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo indicam que a combinação de óleos essenciais e parede celular de levedura desempenhou um papel relevante no aumento do CMS em comparação ao tratamento com monensina, além de reduzir a incidência de abscessos hepáticos em relação ao grupo controle e ao tratamento com óleos

809 essenciais isolados. Não foram observadas diferenças significativas no GMD, na  
810 incidência de abscessos hepáticos e no ganho de carcaça entre a mistura de óleos  
811 essenciais com parede celular de levedura e a monensina, sugerindo que essa  
812 combinação de aditivos naturais pode ser uma alternativa eficaz ao uso da  
813 monensina em dietas para bovinos em confinamento na fase de terminação.  
814 Ademais, os resultados sugerem que os óleos essenciais têm o potencial de  
815 aumentar a ingestão de fibra sem comprometer a digestibilidade dos nutrientes.  
816 Embora a monensina tenha promovido uma fermentação ruminal mais estável,  
817 refletida no aumento do pH mínimo, os aditivos naturais mostraram-se promissores  
818 em aspectos importantes da nutrição e saúde dos animais.

819

## 4. FIGURAS



820 Figura 1. Consumo de matéria seca (CMS) de bovinos Nelore em terminação  
 821 suplementados com diferentes aditivos no Exp. 1. Os dados apresentados foram extraídos  
 822 do sistema Intergado durante o período experimental de 86 dias. CON = Controle negativo;  
 823 MON = Monensina Sódica; OE= Blend de óleos essenciais; OEPL = Óleo essencial e  
 824 parede de levedura.

825      **5. TABELAS**

826      **Tabela 1.** Composição dos ingredientes alimentares das dietas experimentais  
 827      utilizadas nos Exp. 1 e 2.

Item	DIETA BASAL
<b>Ingrediente, g/kg (base na MS)</b>	
Silagem de milho	300
Milho moído	387
Farelo de trigo	168
Grãos de soja	35,0
Cascas de Soja	70,0
Soja bypass	9,00
Uréia	7,00
Pré-mistura (minerais + vitamina)	24,0
<b>Composição química, g/kg de MS</b>	
Matéria seca, % da alimentação	493
Matéria orgânica	937
Proteína bruta	147
Amido	321
Gordura bruta	144
Fibra em detergente neutro	338
Fibra em detergente ácido	196
MS (matéria seca).	

828



829 **Tabela 2.** Médias dos mínimos quadrados de desempenho, características de carcaça e abscesso hepático de bovinos Nelore  
830 recebendo dietas com diferentes aditivos no Exp. 1.

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM	Valor P
	CON	MON	OE	OEPL		
<b>Número de animais</b>	33	37	33	34	-	-
Peso corporal inicial, kg	352	351	353	355	6,11	0,972
Peso corporal final, kg	529 <sup>e</sup>	546 <sup>d</sup>	532 <sup>de</sup>	538 <sup>de</sup>	5,06	0,091
Ganho médio diário (116 d), kg/d	1,49 <sup>b</sup>	1,65 <sup>a</sup>	1,55 <sup>ab</sup>	1,60 <sup>ab</sup>	0,042	0,032
Consumo de matéria seca <sup>2</sup> , kg/d	10,5 <sup>ab</sup>	10,3 <sup>b</sup>	10,7 <sup>ab</sup>	11,1 <sup>a</sup>	0,16	0,006
Consumo de matéria seca <sup>2</sup> , g/kg PC	25,3 <sup>bc</sup>	24,7 <sup>c</sup>	26,2 <sup>ab</sup>	26,7 <sup>a</sup>	0,30	<0,001
Eficiência alimentar <sup>2</sup>	0,161 <sup>b</sup>	0,180 <sup>a</sup>	0,154 <sup>b</sup>	0,162 <sup>ab</sup>	0,004	0,003
<b>Características da carcaça</b>						
Peso de carcaça quente, kg	297	303	303	305	5,50	0,347
Rendimento de carcaça, g/kg	561 <sup>ab</sup>	556 <sup>b</sup>	568 <sup>a</sup>	564 <sup>ab</sup>	2,90	0,027
Ganho de carcaça, kg/d	1,04	1,10	1,09	1,10	0,03	0,358
Área do olho de lombo, cm <sup>2</sup>	77,8	80,4	77,6	80,7	1,51	0,309
Espessura da gordura do lombo, mm	4,02	4,27	4,33	4,17	0,23	0,875
Espessura da gordura da GARUPA, mm	10,7	10,6	9,85	10,5	0,30	0,166
Abscesso hepático, %	21,3 <sup>a</sup>	4,70 <sup>b</sup>	24,8 <sup>a</sup>	4,60 <sup>b</sup>	0,05	0,030

<sup>abc</sup> Médias de mínimos quadrados dentro de uma linha com sobrescritos diferentes diferem pelo teste de Tukey (P < 0,05).

<sup>def</sup> Médias de mínimos quadrados dentro de uma linha com sobrescritos diferentes diferem pelo teste de Tukey (0,05 < P < 0,10).

<sup>1</sup> CON = Controle negativo; MON = Monensina Sódica; OE= Blend de óleos essenciais; OEPL = Óleo essencial e parede de levedura.

<sup>2</sup> Considerando o período de 86 dias do período de utilização dos cochos Intergado®.

**Tabela 3.** Flutuação no consumo de matéria seca e comportamento alimentar de bovinos Nelore recebendo dietas com diferentes aditivos no Exp 1.

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM agrupado	Valores P		
	CON	MON	OE	OEPL		Tratamento	Período	Interação
Flutuação do CMS (período total 0-86d), g/kg	189 <sup>b</sup>	195 <sup>b</sup>	232 <sup>a</sup>	238 <sup>a</sup>	5,40	<0,001	<0,001	<0,001
Adaptação (0-12d)	214 <sup>b</sup>	225 <sup>b</sup>	295 <sup>a</sup>	310 <sup>a</sup>	8,60	<0,001	-	-
Período intermediário (13-55d)	194 <sup>b</sup>	201 <sup>b</sup>	214 <sup>b</sup>	227 <sup>a</sup>	8,50	0,033	-	-
Período final (56-88d)	159 <sup>e</sup>	157 <sup>e</sup>	186 <sup>d</sup>	176 <sup>de</sup>	8,50	0,051	-	-
Tempo gasto comendo (0-86d), min	82,8	89,9	85,1	81,2	3,08	0,198	<0,001	<0,001
Adaptação (0-12d)	88,5 <sup>ab</sup>	103 <sup>a</sup>	91,1 <sup>ab</sup>	80,2 <sup>b</sup>	3,48	<0,001	-	-
Período intermediário (13-55d)	84,9	85,7	86,0	86,3	3,48	0,993	-	-
Período final (56-88d)	75,1	81,1	78,2	77,2	3,48	0,668	-	-
Taxa de ingestão de MS (0-86d), min/kg	8,45 <sup>ab</sup>	9,40 <sup>a</sup>	8,92 <sup>ab</sup>	8,30 <sup>b</sup>	0,300	0,038	<0,001	<0,001
Adaptação (0-12d)	9,68 <sup>b</sup>	11,7 <sup>a</sup>	11,2 <sup>ab</sup>	9,79 <sup>b</sup>	0,327	<0,001	-	-
Período intermediário (13-55d)	8,5	8,9	8,3	8,2	0,327	0,415	-	-
Período final (56-88d)	7,1	7,6	7,2	6,9	0,328	0,503	-	-
Número de visitas por dia (0-86d)	28,6 <sup>ab</sup>	32,5 <sup>a</sup>	31,8 <sup>a</sup>	24,7 <sup>b</sup>	1,65	0,004	<0,001	<0,001
Adaptação (0-12d)	29,7 <sup>a</sup>	33,7 <sup>a</sup>	36,2 <sup>a</sup>	18,7 <sup>b</sup>	1,86	<0,001	-	-
Período intermediário (13-55d)	27,2	28,8	29,3	25,1	1,86	0,372	-	-
Período final (56-88d)	28,9 <sup>e</sup>	35,1 <sup>d</sup>	29,9 <sup>e</sup>	30,4 <sup>e</sup>	1,86	0,075	-	-

<sup>abc</sup> Médias dentro de uma linha com sobrescritos diferentes diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

<sup>def</sup> Médias dentro de uma linha com sobrescritos diferentes diferem pelo teste de Tukey ( $0,05 < P < 0,10$ ).

<sup>1</sup>CON = Controle negativo; MON = Monensina Sódica; OE= Blend de óleos essenciais; OEPL = Óleo essencial e parede de levedura.

**Tabela 4.** Médias dos mínimos quadrados de consumo e digestibilidade dos nutrientes de bovinos Nelore recebendo dietas com diferentes aditivos no Exp. 2.

Item	Tratamentos <sup>2</sup>				EPM <sup>1</sup>	Valor P
	CON	MON	OE	OEPL		
<b>Ingestão, kg/d</b>						
Matéria seca	10,0	9,34	10,1	9,82	0,383	0,196
Matéria orgânica	9,40	8,77	9,51	9,21	0,252	0,208
Proteína bruta	1,50	1,36	1,51	1,42	0,064	0,180
Extrato de éter	0,15	0,16	0,18	0,15	0,041	0,173
Fibra em detergente neutro	3,45 <sup>ab</sup>	3,26 <sup>b</sup>	3,64 <sup>a</sup>	3,54 <sup>ab</sup>	0,081	0,035
Carboidratos totais <sup>3</sup>	2,05	1,98	2,06	2,03	0,181	0,988
Carboidratos não fibrosos <sup>4</sup>	3,93	3,60	3,85	3,79	0,264	0,771
Nutrientes digestíveis totais <sup>5</sup>	5,40	5,44	5,64	5,61	0,211	0,793
<b>Digestibilidade aparente, g/kg</b>						
Matéria seca	588	613	584	583	24,3	0,788
Matéria orgânica	598	645	607	606	27,9	0,638
Proteína bruta	590	605	568	583	31,5	0,855
Extrato de éter	793	799	832	714	91,3	0,258
Fibra em detergente neutro	375	400	378	402	48,9	0,966
Fibra detergente ácida	349	379	313	384	68,5	0,872
Carboidratos totais	595	648	608	608	30,5	0,647
Totalmente digerível nutriente	540	583	558	569	29,4	0,739

<sup>ab</sup> Médias de mínimos quadrados dentro da mesma linha com sobrescritos diferentes diferem no teste de Tukey (  $P \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup> EPM= erro padrão das médias.

<sup>2</sup> CON = Controle negativo; MON = Monensina Sódica; OE= Blend de óleos essenciais; OEPL = Óleo essencial e parede de levedura.

<sup>3</sup> Estimado usando a equação:  $100 - (PB + EE + Cinzas)$  e acordo com Sniffen et al. (1992).

<sup>4</sup> Estimado utilizando a equação:  $100 - (PB + EE + Cinzas + FDN)$  (NASEM 2016).

<sup>5</sup> Estimado pela equação: Digestibilidade da PB +  $2,25 \times$  Digestibilidade EE + Digestibilidade FDN + Digestibilidade CNF (NASEM, 2016).

834 **Tabela 5.** Médias dos mínimos quadrados de síntese de proteína microbiana e metabolismo de nitrogênio de bovinos Nelore  
 835 recebendo dietas com diferentes aditivos no Exp. 2.

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	Valor P
	CON	MON	OE	OEPL		
<b>Síntese de proteína microbiana</b>						
Síntese de nitrogênio microbiano, g/d	78,1	84,0	74,2	91,8	22,7	0,655
Síntese de PB <sup>3</sup> microbiana, g/d	488	525	464	574	142	0,655
PB <sup>3</sup> , g/kg de ingestão de PB	332	386	314	420	110	0,333
PB <sup>3</sup> , g/kg de NDT <sup>3</sup>	89,7	98,3	83,7	98,7	27,0	0,826
<b>Metabolismo do nitrogênio</b>						
Consumo de matéria seca, kg	10,0	9,34	10,1	9,82	0,383	0,196
Ingestão de N, g/d	238	216	241	227	9,67	0,159
Excreção urinária de N, g/d	16,7	17,8	15,9	17,4	2,33	0,871
Excreção fecal de N, g/d	97,1	82,3	104	92,7	9,24	0,155
Retenção de N, g/d	124	116	120	117	12,5	0,900
Retenção de N, g/kg de ingestão PB	52,3	53,7	49,0	51,2	3,85	0,718

<sup>1</sup>CON = Controle negativo; MON = Monensina Sódica; OE= Blend de óleos essenciais; OEPL = Óleo essencial e parede de levedura.

<sup>2</sup>EPM = erro padrão da média.

<sup>3</sup> PB = Proteína bruta; NDT= Nutrientes digestíveis totais.

836

**Tabela 6.** Efeito da inclusão de diferentes aditivos nas variáveis de fermentação ruminal *in situ* de dietas para bovinos de corte no Exp. 2.

Item	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM agrupado	Valores P		
	CON	MON	OE	OEPL		Tratamento	Tempo	Interação
pH médio	6,14	6,17	6,04	6,14	0,120	0,900	<0,001	0,930
pH máximo	6,65	6,50	6,50	6,68	0,179	0,751	-	-
pH mínimo	5,58 <sup>e</sup>	5,73 <sup>d</sup>	5,58 <sup>e</sup>	5,62 <sup>de</sup>	0,116	<b>0,073</b>	-	-
AGCC total, mM	90,9	87,1	95,2	85,7	6,42	0,726	<0,001	0,544
Perfil AGCC, mol/100mol								
Acetato	56,7	56,4	55,8	57,7	1,43	0,820	<0,001	0,736
Propionato	26,8	26,7	26,7	25,3	1,33	0,815	<0,001	0,983
Butirato	14,8	14,3	15,1	15,4	0,845	0,813	0,006	0,692
Valerato	0,84 <sup>d</sup>	0,55 <sup>e</sup>	0,79 <sup>de</sup>	0,68 <sup>de</sup>	0,074	<b>0,081</b>	<0,001	0,778
Iso-valerato	1,19	2,14	1,62	1,07	0,320	0,127	<0,001	0,385
Acetato: Propionato	2,14	2,12	2,14	2,32	0,150	0,764	<0,001	0,931
N-NH <sub>3</sub> , mg/ dL	12,1	12,1	12,6	11,9	2,10	0,995	<0,001	0,607
Máximo N-NH <sub>3</sub> , mg/ dL	21,6	22,6	21,8	20,2	3,64	0,714	-	-
Mínimo N-NH <sub>3</sub> , mg/ dL	3,49	4,63	4,74	4,14	1,20	0,817	-	-

<sup>ac b</sup> Médias de mínimos quadrados dentro de uma linha com sobrescritos diferentes diferem pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ).

<sup>df b</sup> Médias de mínimos quadrados dentro de uma linha com sobrescritos diferentes diferem pelo teste de Tukey ( $0,05 < P < 0,10$ ).

<sup>1</sup>CON = Controle negativo; MON = Monensina Sódica; OE= Blend de óleos essenciais; OEPL = Óleo essencial e parede de levedura.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso em conjunto de aditivos naturais como óleos essenciais e prebióticos em substituição à monensina sódica é uma alternativa promissora nas dietas de bovinos de corte na fase de terminação em confinamento. Esses aditivos naturais não só entregam resultados semelhantes à monensina em termos de desempenho e saúde ruminal dos animais, mas também atendem às preocupações crescentes com a segurança alimentar. Além disso, promovem maior sustentabilidade da produção de bovinos ao reduzir a dependência de aditivos sintéticos e minimizar potenciais impactos ambientais adversos associados à sua utilização.

Mais do que isso, o uso de aditivos naturais como óleos essenciais e prebióticos pode ter benefícios diretos para a saúde humana ao reduzir a possível presença de resíduos químicos nos produtos de origem animal. Isso não apenas promove uma cadeia alimentar mais segura e saudável, mas também responde às demandas crescentes por alimentos mais naturais e sustentáveis, alinhando-se com tendências de mercado e preferências de uma gama de consumidores.

## 7. REFERÊNCIAS

ABIEC. Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carnes. 2023. **Beef Report Perfil - da Pecuária no Brasil**. Disponível em:

<http://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2023/>. Acesso em: 14 de julho de 2023.

AMACHAWADI, Raghavendra G.; NAGARAJA, T. G. Pathogenesis of Liver Abscesses in Cattle. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 38, n. 3, p. 467-482, 2022. DOI: 10.1016/j.cvfa.2022.08.001. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36243456/>.

AQUINO, L. V. C. de; SANTOS, M. V. de O.; OLIVEIRA, L. R. M. de; MOURA, Y. B. F.; NASCIMENTO, T. L. do; BERTINI, L. M.; PEREIRA, A. F. Antioxidant effects of Citrus sinensis peel essential oil in a bovine oocyte model. **Livestock Science**, v. 277, p. 105324, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105324>

ARAGON, S. N.; RIBEIRO, F. R. B.; HOSFORD, A. D.; THOMPSON, A. J.; HERGENREDER, J. E.; JENNINGS, M. A.; CORLEY, J. R.; JOHNSON, B. J. Influence of yeast cell wall supplementation during the finishing phase on feedlot steer performance, carcass characteristics, and postmortem tenderness. **The Professional Animal Scientist**, v. 31, n. 5, p. 439-447, 2015. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.15232/pas.2015-01417>.

ASCHENBACH, J. R.; PENNER, G. B.; STUMPFF, F.; GÄBEL, G. Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 4, p. 1092-1107, 2011. DOI: 10.2527/jas.2010-3301. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20952531/>.

ASSIS, M. C. de S.; COSTA, G. R. da R.; DIAS, F. M. C.; SILVA, C. S. da; LIMA, J. S. de; TORRES, T. R.; SILVA, D. K. de A.; SOUZA, E. J. O. de. Can phytogetic additives replace monensin sodium in beef cattle feeding? **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, 52, 2023. DOI: 10.1007/s11250-023-03522-6. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03522-6>.

AUNG, M.; OHTSUKA, H.; IZUMI, K. Effect of yeast cell wall supplementation on production performances and blood biochemical indices of dairy cows in different lactation periods. **Veterinary World**, v. 12, n. 6, p. 796-801, 2019. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.14202/vetworld.2019.796-801>.

BAGGIO, M.; GOUVÊA, V. N.; BARROSO, J. P. R.; MISZURA, A. A.; LIMEDE, A. C.; SOARES, L. C.; PIRES, A. V. Different combinations of monensin and narasin on growth performance, carcass traits, and ruminal fermentation characteristics of finishing beef cattle. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 10, p. 1117639, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1117639>.

BATISTELLI, I.J.C.; Batistelli, J.C. de O.R.; Bess, B.L.; Menezes, F.L. de, Moraes, K.A.K. de, Moraes, E.H.B.K. de, 2022. Recria intensiva em confinamento como estratégia de manejo em bovinos de corte - revisão de literatura. **Research, Society and Development** 11, e1611225179. DOI. Disponível em: [doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25179](https://doi.org/10.33448/rsd-v11i2.25179).

BEGNINI, B.; MEIRELES, W. A. **Fistulação e canulação ruminal em bovinos: Revisão**. *Pubvet*, v. 16, n. 2, p. 1-8, 2023. DOI: Disponível em: <https://doi.org/10.31533/pubvet.v16n02a1040>.

BENCHAAAR, C.; CALSAMIGLIA, S.; CHAVES, A. V.; FRASER, G. R.; COLOMBATTO, D.; McALLISTER, T. A.; BEAUCHEMIN, K. A. A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production. **Animal Feed Science and Technology**, v. 145, n. 1-4, p. 209-228, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.04.014>

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Ionóforos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Org.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. [S. l.]: Funep, 2011. p. [número das páginas]. ISBN 9788578050689.

BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. Ionóforos. In: BERCHIELLI, T. T.; PIRES, A. V.; OLIVEIRA, S. G. (Org.). **Nutrição de ruminantes**. 2. ed. [S. l.]: Funep, 2011. p. [número das páginas]. ISBN 9788578050689.

BEVANS, D. W.; BEAUCHEMIN, K. A.; SCHWARTZKOPF-GENSWEIN, K. S.; MCKINNON, J. J.; MCALLISTER, T. A. Effect of rapid or gradual grain adaptation on subacute acidosis and feed intake by feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 83, n. 5, p. 1116-1132, 2005. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/2005.8351116x>.

BEZERRA, W. G. A.; HORN, R. H.; SILVA, I. N. G.; TEIXEIRA, R. S. C.; LOPES, E. S.; ALBUQUERQUE, Á. H.; CARDOSO, W. C. Antibióticos no setor avícola: uma revisão sobre a resistência microbiana. **Arquivos de Zootecnia**, v. 66, n. 254, p. 301-307, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/495/49553570019.pdf>.

BRAUN, H-S.; SCHRAPERS, K. T.; MAHLKOW-NERGE, K.; STUMPF, F.; ROSENDAHL, J. Dietary supplementation of essential oils in dairy cows: evidence for stimulatory effects on nutrient absorption. **Animal**, v. 12, n. 10, p. 2123-2131, 2018. DOI. Disponível em: [10.1017/S1751731118001696](https://doi.org/10.1017/S1751731118001696).

BRIEGA, D.; MIRANDA, A.; PINTO, L.; SANTOS, F.; PEREIRA, R.; OLIVEIRA, A.; SOUZA, C. Métodos de utilização do girassol. **Ciência Veterinária Unifil**, [S.l.], v. 1, n. 1, p. 103-110, abr. 2018. ISSN 2595-7791. Disponível em: <http://periodicos.unifil.br/index.php/revista-vet/article/view/35>.



BROWN, H.; BING, R. F.; GRUETER, H. P.; MCASKILL, J. W.; COOLEY, C. O.; RATHMACHER, R.P. Tylosin and chlortetracycline for the prevention of liver abscesses, improved weight gains and feed efficiency in feedlot cattle. **Journal Animal Science**, Savoy, v. 40, n. 2, p. 207-213, 1975. DOI. Disponível em: 10.2527/jas1975.402207x

BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods - a review. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 94, p. 223-253, 2004. DOI. Disponível em: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022

CABRAL, C.; REDONDO, E. A.; DELGADO, F. Reduction of liver abscesses in feedlot cattle by the addition of tannins on diet. **Revista de Investigaciones Agropecuarias**, v. 45, p. 211-215, 2019. ISSN 1669-2314.

CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P.W.; CASTILLEJOS, L.; FERRET, A. Invited review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 90, p. 2580-2595, 2007. DOI. Disponível em: 10.3168/jds.2006-644

CAMARGO, S.B & VASCONCELOS D.F.S.A. Atividades biológicas de Linalol: conceitos atuais e possibilidades futuras deste monoterpeno. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, p. 381-387, 2014. DOI. Disponível: <https://doi.org/10.9771/cmbio.v13i3.12949>.

CANTET, J. M.; YU, Z.; TUCKER, H. A.; RÍUS, A. G. A cinnamaldehyde feed additive improved feed use-efficiency in lactating dairy cows. **Livestock Science**, v. 266, p. 105236, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105236>.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G.; PAULINO, M. F. Determination of indigestible fiber in foods and feces by three different methods. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, p. 200-209, 2008.

CASALI, A. O.; DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PEREIRA, J. C.; HENRIQUES, L. T.; FREITAS, S. G.; PAULINO, M. F. Influência do tempo de incubação e do tamanho de partículas sobre os teores de compostos indigestíveis em alimentos e fezes bovinas obtidos por procedimentos in situ. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, p.335-342, 2008.

CASEWELL, M.; FRIIS, C.; MARCO, E.; McMULLIN, P.; PHILLIPS, I. The European ban on growth-promoting antibiotics and emerging consequences for human and animal health. **Journal of Antimicrobial Chemotherapy**, v. 52, n. 2, p. 159-161, ago. 2003. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jac/dkg313>.

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. **Animal Production Science**, v. 63, n. 10, p. 1561-1571, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s40104-023-00967-5>.

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v. 8, n. 2, p. 130-132, 1 Apr. 1962. DOI. Disponível em: [10.1093/clinchem/8.2.130](https://doi.org/10.1093/clinchem/8.2.130).

CHAO, S. C.; YOUNG, G. D.; OBERG, C. J. Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses. **Journal of essential oil research**, v.12. p. 639-649, 2000. DOI. Disponível em <https://doi.org/10.1080/10412905.2000.9712177>.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives: an overview of the technical details. **International Feed Resources Unit, Rowett Research Institute**, Aberdeen, United Kingdom, 1992. ID do corpus: 87573792. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/265323654>.

CHIZZOTTI, M. L.; MACHADO, F. S.; VALENTE, E. E. L.; PEREIRA, L. G. R.; CAMPOS, M. M.; TOMICH, T. R.; COELHO, S. G.; RIBAS, M. N. Technical note: Validation of a system for monitoring individual feeding behavior and individual feed intake in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 98, n. 5, p. 3438-3442, 2015. DOI. Disponível em: [10.3168/jds.2014-8925](https://doi.org/10.3168/jds.2014-8925).

CHIZZOTTI, M. L.; TEDESCHI, L. O.; VALADARES FILHO, S. C. Uma meta-análise das necessidades energéticas e proteicas para manutenção e crescimento do gado Nelore. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 12, p. 3376-3390, 2008. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0309>.

COBELLIS, G.; TRABALZA-MARINUCCI, M.; YU, Z. Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition: A review. **Science of the Total Environment**, v. 545-546, p. 556-568, 2016. DOI. Disponível em: [10.1016/j.scitotenv.2015.12.103](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.103)

COLOMBO, E. A.; COOKE, R. F.; BRANDÃO, A. P.; WIEGAND, J. B.; SCHUBACH, K. M.; SOWERS, C. A.; DUFF, G. C.; BLOCK, E.; GOUVÊA, V. N. Performance, health, and physiological responses of newly received feedlot cattle supplemented with pre- and probiotic ingredients. **Animal**, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100214>

COSTA, R. V.; SILVA, J. A.; GALATI, R.L.; SILVA, C.G.M.; DUARTE JÚNIOR, M.F. Girassol (*Helianthus annuus* L.) e seus coprodutos na alimentação animal. **Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia. Maringá**, v. 9, n. 7, p. 303-320, Jul., 2015. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.22256/pubvet.v9n7.303-320>.

DETMANN, E.; PAULINO, M.F.; VALADARES FILHO, S.C.; BATISTA, E.D.; RUFINO, L.M.A. Aspectos nutricionais aplicados a bovinos em pastejo nos trópicos. In: SIMPÓSIO DE PRODUÇÃO DE GADO DE CORTE, 9, 2014, Viçosa. **Anais... Viçosa**: DZO/UFV, 2014. p.239-267.

DEY, A.; ATTRI, K.; DAHIYA, S. S.; PAUL, S. S. Influence of dietary phytogetic feed additives on lactation performance, methane emissions and health status of Murrah buffaloes (*Bubalus bubalis*). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 101, n. 10, p. 4390-4397, 2021. DOI. Disponível em: 10.1002/jsfa.11080.

DIAN, P. H.; CASALE, D. S.; BELO, M. A. A.; MELO, G. M. P.; BRENNECKE, K. Rendimentos de cortes comerciais em bovinos confinados de diferentes grupos genéticos. **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, SP, v. 36, n. 3, p. 148-156, 2020. ISSN 2175-0106. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.15361/2175-0106.2020v36n3p148-156>.

DIAN, P. H.; CASALE, D. S.; BELO, M. A. A.; MELO, G. M. P.; BRENNECKE, K. Rendimentos de cortes comerciais em bovinos confinados de diferentes grupos genéticos. **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, SP, v. 36, n. 3, p. 148-156, 2020. ISSN 2175-0106. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.15361/2175-0106.2020v36n3p148-156>.

DIAS, B. G. C.; SANTOS, F. A. P.; MESCHIATTI, M.; BRIXNER, B. M.; ALMEIDA, A. A.; QUEIROZ, O.; CAPPELLOZZA, B. I. Effects of feeding different probiotic types on metabolic, performance, and carcass responses of Bos indicus feedlot cattle offered a high-concentrate diet. **Journal of Animal Science**, v. 100, n. 10, 2022. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skac289>.

DIAZ, T. G.; BRANCO, A. F.; JACOVACI, F. A.; JOBIM, C. C.; DANIEL, J. L. P.; IANK BUENO, A. V.; RIBEIRO, M. G. Use of live yeast and mannan-oligosaccharides in grain-based diets for cattle: Ruminal parameters, nutrient digestibility, and inflammatory response. **PLoS ONE**, v. 13, n. 11, e0207127, 2018. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207127>.

D'OCCHIO, M. J.; BARUSELLI, P. S.; CAMPANILE, G. Influence of nutrition, body condition, and metabolic status on reproduction in female beef cattle: A review. **Theriogenology**, 2018. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2018.11.010>.

DORMAN, H. J. D., & DEANS, S. G. (2000). Antimicrobial agents from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **Journal of Applied Microbiology**, 88(2), 308–316. DOI. Disponível em: 10.1046/j.1365-2672.2000.00969.x

DOWLING, P.; PRESCOTT, J. F.; GIGUÈRE, S. (Ed.). Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine. 5. ed. **Wiley-Blackwell**, 2013. 701 p. ISBN 978-0-470-96302-9.

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

EL-WAZIRY, A. M.; BASMAEIL, S. M.; ALHIDARY, I. A.; SULIMAN, G. M.; ABDELRAHMAN, M. M.; AL-GARADI, M. A. Ionophores: Their Effects on Ruminant Fermentation, Animal Performance and Carcass Characteristics and Meat Quality. **Advances in Animal and Veterinary Sciences**, v. 10, n. 12, p. 2641-2649, 2022. DOI. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17582/journal.aavs/2022/10.12.2641.2649>.

ESTRADA-ANGULO, A.; MENDOZA-CORTEZ, D. A.; RAMOS-MÉNDEZ, J. L.; ARTEAGA-WENCES, Y. J.; URÍAS-ESTRADA, J. D.; CASTRO-PÉREZ, B. I.; RÍOS-RINCÓN, F. G.; RODRÍGUEZ-GAXIOLA, M. A.; BARRERAS, A.; ZINN, R. A.; PLASCENCIA, A. Comparing blend of essential oils plus 25-hydroxy-vit-D3 versus monensin plus virginiamycin combination in finishing feedlot cattle: growth performance, dietary energetics, and carcass traits. **Animals**, v. 12, n. 13, p. 1715, 2022. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani12131715>.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA). **EFSA Journal**, 2017. Disponível em: <https://www.efsa.europa.eu/en>.

FACCENDA, A.; ZAMBOM, M. A.; AVILA, A. S.; GARCIA, J.; ECKSTEIN, E. I.; FORNARI, J. L.; ALMEIDA, K. V.; SANTOS, G. T. Nutrient digestibility and ruminal parameters of cattle fed dried brewers grains and *Saccharomyces cerevisiae*. **Livestock Science**, v. 228, p. 60-68, jun. 2019. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.05.003>.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **O estado mundial da alimentação e da agricultura 2023**. Roma: FAO, 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/publications/sofa/2023/en/>.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **O estado mundial da alimentação e da agricultura 2023**. Roma: FAO, 2023. Disponível em: <http://www.fao.org/publications/sofa/2023/en/>.

FENTA, M. D.; GEBREMIARIAM, A. A.; MEBRATU, A. S. Effectiveness of Probiotic and Combinations of Probiotic with Prebiotics and Probiotic with Rumenototics in Experimentally Induced Ruminal Acidosis Sheep. **Veterinary Medicine: Research and Reports**, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.2147/VMRR.S396979>.

FERREIRA, F. J.; FERNANDES, L. D.; LOBO JÚNIOR, A. R.; ROSADO, G. L.; BENTO, C. B. P. Meta-analysis of the effects of essential oils on consumption, performance, and ruminal fermentation of beef cattle. **Animal Feed Science and Technology**, 2024. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.115956>.

FERREIRA, I. M.; OLIVEIRA, K. A.; CIDRINI, I. A.; ABREU, M. J. I.; SOUSA, L. M.; BATISTA, L. H. C.; HOMEM, B. G. C.; PRADOS, L. F.; SIQUEIRA, G. R.; RESENDE, F. D. Performance, Intake, Feed Efficiency, and Carcass Characteristics of Young Nellore Heifers under Different Days on Feed in the Feedlot. **Animals**, v. 13, n. 13, p. e2238, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani13132238>.

GAGGIA, F.; MATTARELLI, P.; BIAVATI, B. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. **Internacional Journal of Food Microbiology**, v. 141, p. S15–S28, 2010.

GAGGIA, F.; MATTARELLI, P.; BIAVATI, B. Probiotics and prebiotics in animal feeding for safe food production. **Internacional Journal of Food Microbiology**, v. 141, n. 1-2, p. S15-S28, 2010. DOI. Disponível em: [10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031](https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.02.031).v. 141, p. S15–S28, 2010.

GHARECHAH J., Salekdeh G. H. (2018). A metagenomic analysis of the camel rumen's microbiome identifies the major microbes responsible for lignocellulose degradation and fermentation. **Biotechnol. Biofuels** 11, 216. Doi. Disponível em: [10.1186/s13068-018-1214-9](https://doi.org/10.1186/s13068-018-1214-9)

GHIMPETEANU, O. M.; POGURSCHI, E. N.; POPA, D. C.; DRAGOMIR, N.; DRĂGOTOIU, T.; MIHAI, O. D.; PETCU, C. D. Antibiotic Use in Livestock and Residues in Food—A Public Health Threat: A Review. **Foods**, v. 11, n. 10, p. 1430, maio 2022. DOI. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/10/1430>.

GONZÁLEZ-RECIO, O.; MARTÍNEZ-ÁLVARO, M.; TIEZZI, F.; SABORÍO-MONTERO, A.; MALTECCA, C.; ROEHE, R. Invited review: Novel methods and perspectives for modulating the rumen microbiome through selective breeding as a means to improve complex traits: Implications for methane emissions in cattle. **Livestock Science**, v. 266, p. 105171, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2023.105171>.

GUIL-GUERRERO, J. L., RAMOS, L., MORENO, C., ZÚÑIGA-PAREDES, J. C., CARLOSAMA-YEPEZ, M., & RUALES, P. (2016). Antimicrobial activity of plant-food byproducts: A review focusing on the tropics. **Livestock Science**, 189, 32–49. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.021>.

HALL, M. B.; HUNTINGTON, G. B. Nutrient synchrony: sound in theory, elusive in practice. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 14, p. 2144-2151, 2008. DOI: [10.2527/jas.2007-0516](https://doi.org/10.2527/jas.2007-0516). DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0516>.

HARMON, D. L.; RICHARDS, C. J. Considerations for gastrointestinal cannulations in ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 75, n. 8, p. 2248-2255, 1997. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9263074>.

HERRING, W.; MILLER, D. C.; BERTRAND, J. K.; DIXON, P. M.; WARNER, M. B. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of back fat and longissimus muscle area in beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 9, p. 2216-2226, 1994. DOI. Disponível em: [10.2527/1994.7292216x](https://doi.org/10.2527/1994.7292216x).

HOMOLKA, M. N.; SMITH, W. N.; HUSZ, T. C.; PAULUS-COMPART, D. M.; JENNINGS, J. S. Evaluating performance of beef cattle consuming a supplemental probiotic-prebiotic during the first 21 or 42 days after feedlot arrival. **Livestock Science**, v. 105, p. 105096, 2022. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2022.105096>.

HRISTOV, A. N.; OH, J.; FIRKINS, J. L.; DIJKSTRA, J.; KEBREAB, E.; WAGHORN, G.; ... REYNOLDS, C. K. Special topics—mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: III. A review of animal management mitigation options. **Journal of Animal Science**, v. 91, n. 11, p. 5095–5113, 2013. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2013-6583>.

HUSZ, T. C.; SMITH, W. N.; LOCKARD, C. G.; HOMOLKA, M. N.; ANDERSON, P. T.; GENTRY, W. W.; SUGESTÃO, J. D.; CASEY, K. D.; JENNINGS, J. S. Comparison of monensin sodium sources for finishing beef cattle. **Translational Animal Science**, v. 5, n. 4, txab090, 2021. DOI: [10.1093/tas/txab090](https://doi.org/10.1093/tas/txab090). DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/tas/txab090>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Indicadores IBGE – Estatística da produção pecuária**. Disponível em: [http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=2107&id\\_pagina=1](http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=2107&id_pagina=1). Acesso em: 12 jul. 2024.

KHAN, M. Z.; LIU, S.; MA, Y.; MA, M.; ULLAH, Q.; KHAN, I. M.; WANG, J.; XIAO, J.; CHEN, T.; KHAN, A.; CAO, Z. Overview of the effect of rumen-protected limiting amino acids (methionine and lysine) and choline on the immunity, antioxidative, and inflammatory status of periparturient ruminants. **Frontiers in Immunology**, v. 13, art. 1042895, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.1042895>

KIM, M.; FELIX, T. L.; LOERCH, S. C.; YU, Z. Effect of haylage and monensin supplementation on ruminal bacterial communities of feedlot cattle. **Current Microbiology**, v. 69, n. 6, p. 881-888, 2014. DOI: [10.1007/s00284-014-0564-1](https://doi.org/10.1007/s00284-014-0564-1). DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00284-014-0564-1>.

LAFLIN, S. L.; GNAD, D. P. Rumen cannulation: procedure and use of a cannulated bovine. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**, v. 24, n. 2, p. 335-340, 2008. DOI: [10.1016/j.cvfa.2008.02.007](https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2008.02.007). DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18471573>.

LAMAG, A.; MORAES, K. A. K.; ARAÚJO, C. V.; SOUZA, H. A.; SOUSA, J. N.; PEREIRA FILHO, A.; MORENO, L. F.; SANTOS, K. R.; DA CUNHA, L. O.; MORAES, E. H. B. K. Monensin associated or not with virginiamycin or functional oil for feedlot beef cattle. **Tropical Animal Health and Production**, v. 53, n. 1, p. 161-171, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02940-8>.

LATHAM, E. A.; WELDON, K. K.; WICKERSHAM, T. A.; COVERDALE, J. A.; PINCHAK, W. E. Responses in the rumen microbiome of *Bos taurus* and indicus steers fed a low-quality rice straw diet and supplemented protein. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 3, p. 1059-1071, 2018. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29617868>.

LEONE, F.; FERRANTE, V. Effects of prebiotics and precision biotics on performance, animal welfare and environmental impact. A review. **Science of The Total Environment**, v. 889, p. 165951, 2023. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.165951. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165951>.

LEONE, F.; FERRANTE, V. Effects of prebiotics and precision biotics on performance, animal welfare and environmental impact: A review. **Science of The Total Environment**, v. 882, p. 165951, 2023. DOI. Disponível em: 10.1016/j.scitotenv.2023.165951.

LETTAT, A.; NOZIÈRE, P.; SILBERBERG, M.; MORGAVI, D. P.; BERGER, C.; MARTIN, C. Experimental feed induction of ruminal lactic, propionic, or butyric acidosis in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 88, n. 8, p. 3041-3046, 2010. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20495125/>.

LI, X.; ZHANG, D.; IJAZ, M.; TIAN, G.; CHEN, J.; DU, M. Colour characteristics of beef longissimus thoracis during early 72 h postmortem. **Meat Science**, v. 108245, 2020. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32736288>.

LIN, T.; ZHONG, L.; SANTIAGO, J. L. Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 19, n. 1, p. 1-21, 2018. DOI. Disponível em: 10.3390/ijms19010070.

LIU, S.; SHAH, A. M.; YUAN, M.; KANG, K.; WANG, Z.; WANG, L.; XUE, B.; ZOU, H.; ZHANG, X.; YU, P.; WANG, H.; TIAN, G.; PENG, Q. Effects of dry yeast supplementation on growth performance, rumen fermentation characteristics, slaughter performance and microbial communities in beef cattle. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 61, n. 2, p. 248-260, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/10495398.2021.1878204>.

LIU, K.; ZHANG, Y.; YU, Z.; XU, Q.; ZHENG, N.; ZHAO, S.; HUANG, G.; WANG, J. Ruminant microbiota–host interaction and its effect on nutrient metabolism. **Animal Nutrition**, v. 7, n. 1, p. 49-55, mar. 2021. Publicado online em 15 de dezembro de 2020. DOI: 10.1016/j.aninu.2020.12.001. PMCID: PMC8110878. PMID: 33997331. Disponível em:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8110878/>.

MALAFIA, G. C., BISCOLA, P. H. N., & DIAS, F. R. T. (2020). Projeções para o mercado mundial de carne bovina 2020-2029. Relatório técnico. Centro de Inteligência da Carne Bovina. **Embrapa Gado de Corte**. *Campo Grande*. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/339922859.pdf>.

MARQUES, R. D. S.; COOKE, R. F. Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. **Animals**, v. 11, art. 2871, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11102871>.

MARQUES, R. da S.; COOKE, R. F. Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. **Animals**, v. 11, n. 10, p. 2871, out. 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11102871>.

MARQUES, R. da S.; COOKE, R. F. Effects of ionophores on ruminal function of beef cattle. **Animals**, v. 11, n. 10, p. 2871, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11102871>.

MARTINEZ, JJ, LÖEST, CA, MCCUITION, KC, WESTER, DB, & BELL, NL (2022) Effects of monensin and protein supplementation on intake, digestion, and ruminal fermentation in beef cattle consuming low-quality forage. **Applied Animal Science**, 38 (1), 13-21. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.15232/aas.2021-02219>

MCALLISTER, T. A.; BAE, H. D.; JONES, G. A.; CHENG, K. J. Microbial attachment and feed digestion in the rumen. **Journal of Animal Science**, v. 72, n. 1, p. 130-143, 1994. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/1994.72113004x>.

McALLISTER, Tim A.; STANFORD, Kim; CHAVES, Alex V.; EVANS, Priscilla R.; FIGUEIREDO, Eduardo Eustaquio de Souza; RIBEIRO, Gabriel. Nutrition, feeding and management of beef cattle in intensive and extensive production systems. In: **Agriculture Animal: Sustainability, Challenges and Innovations**. 2020. p. 75-98. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00005-7>.

MCGUFFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. E194-E203, 2001. DOI. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70218-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70218-4).



MCGUFFEY, R. K.; RICHARDSON, L. F.; WILKINSON, J. I. D. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of Dairy Science**, v. 84, p. E194-E203, 2001. DOI. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70218-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70218-4)

MEDINA, L. C. de M.; ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; DIAS, A. M.; GURGEL, A. L. C.; NONATO, L. M.; ARCANJO, A. H. M.; ZORNITTA, C. da S.; MONTEIRO, P. E. de O.; SILVA, A. P. da. Sequential use of nutritional additives in diets for finishing Nellore steers in confinement. **Tropical Animal Health and Production**, v. 55, n. 7, p. 1-12, 2023. DOI: 10.1007/s11250-023-03576-6. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03576-6>.

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**, v. 215, p. 153-162, 2018. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.03.019>.

MESCHIATTI, M. A. P.; GOUVÊA, V. N.; PELLARIN, L. A.; BATALHA, C. D. A.; BIEHL, M. V.; ACEDO, T. S.; DÓREA, J. R. R.; TAMASSIA, L. F. M.; OWENS, F. N.; SANTOS, F. A. P. Feeding the combination of essential oils and exogenous  $\alpha$ -amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 1, p. 122-133, 2019. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/sky415>.

MEYER, N. F.; ERICKSON, G. E.; KLOPFENSTEIN, T. J.; GREENQUIST, M. A.; LUEBBE, M. K.; WILLIAMS, P.; ENGSTROM, M. A. Effect of essential oils, tylosin, and monensin on finishing steer performance, carcass characteristics, liver abscesses, ruminal fermentation, and digestibility. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 7, p. 2346-2354, 2009. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19359504>.

MILLEN, D. D. Desempenho, avaliação ruminal e perfil metabólico sanguíneo de bovinos jovens confinados suplementados com monensina sódica ou anticorpos policlonais. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2008. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/95283>.

MONTEIRO, H. F.; FACIOLA, A. P. Ruminal acidosis, bacterial changes, and lipopolysaccharides. **Journal of Animal Science**, [S.l.], v. 98, n. 9, p. 1-2, 2020. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skaa248>.

MONTESCHIO, J. de O.; SOUZA, K. A. de; VITAL, A. C. P.; GUERRERO, A.; VELANDIA VALERO, M.; KEMPINSKI, E. M. B. C.; BARCELOS, V. C.; NASCIMENTO, K. F.; PRADO, I. N. do. Clove and rosemary essential oils and encapsulated active principles (eugenol, thymol and vanillin blend) on meat quality of feedlot-finished heifers. **Meat Science**, v. 127, p. 1-9, 2017. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.002>.

MUZZI, L. A. L., MUZZI, R. A. L., & GABELLINI, E. L. A. (2009). Técnica de fistulação e canulação do rúmen em bovinos e ovinos. **Ciência e agrotecnologia**, 33, 2059-2064. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000700060>.

NEHME, R., ANDRÉS, S., PEREIRA, R. B., BEN JEMAA, M., BOUHALLAB, S., CECILIANI, F., LÓPEZ, S., RAHALI, F. Z., KSOURI, R., PEREIRA, D. M., ABDENNEBI-NAJAR, L. (2021). Essential Oils in Livestock: From Health to Food Quality. **Antioxidants**, 10(2), 330. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox10020330>.

NEHME, R., ANDRÉS, S., PEREIRA, R. B., BEN JEMAA, M., BOUHALLAB, S., CECILIANI, F., LÓPEZ, S., RAHALI, F. Z., KSOURI, R., PEREIRA, D. M., ABDENNEBI-NAJAR, L. (2021). Essential Oils in Livestock: From Health to Food Quality. **Antioxidants**, 10(2), 330. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/antiox10020330>.

NEUMANN, M.; SOUZA, A. M.; HORST, E. H.; ARAUJO, R. C.; VENANCIO, B. J.; FAVARO, J. L. Yeast culture in the diet of feedlot steers: performance, carcass traits and feeding behavior. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 50, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4162-11148>.

NEUMANN, M.; UENO, R. K.; HEKER, J. C.; ASKEL, E. J.; DE SOUZA, A. M.; VIGNE, G. L. D.; POCZYNEK, M.; COELHO, M. G.; ETO, A. K. Growth performance and safety of meat from cattle feedlot finished with monensin in the ration. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, p. 697-709, 2018. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p697>.

NEVES, M. F.; TROVO, J. B.; WAQUIL, P. D. Bovinocultura de corte: importância econômica e desafios futuros. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 13, n. 2, p. 245-260, 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1160117/1/Anuario-CiCarne-cadeia-produtiva-2023.pdf>.

NEVES, M. F.; TROVO, J. B.; WAQUIL, P. D. Bovinocultura de corte: importância econômica e desafios futuros. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 13, n. 2, p. 245-260, 2023. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/doc/1160117/1/Anuario-CiCarne-cadeia-produtiva-2023.pdf>.

NIKAIDO, H.; VAARA, M. Molecular basis of bacterial outer membrane permeability. **Microbiological Reviews**, v. 49, n. 1, p. 1-32, 1985. DOI: 10.1128/mr.49.1.1-32.1985.

NOCEK, J. E.; KAUTZ, W. P.; LEEDLE, J. A. Z.; ALLMAN, J. G. Ruminant supplementation of direct-fed microbials on diurnal pH variation and in situ digestion in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 85, n. 2, p. 429-433, 2002. DOI: 10.3168/jds.S0022-0302 (02)74091-5.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Effects of diet fermentability on efficiency of microbial nitrogen production in lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 86, n. 9, p. 2959-2968, 2003. DOI. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73600-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73600-5).

OGUNADE, I.; SCHWEICKART, H.; ANDRIES, K.; LAY, J.; ADEYEMI, J. Monensin alters the functional and metabolomic profile of rumen microbiota in beef cattle. **Animals**, v. 8, n. 11, p. 211, 2018. Publicado online em 17 nov. 2018. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani8110211>.

ORELLANA BOERO, P.; BALCELLS, J.; MARTÍN-ORÚE, S. M.; LIANG, J. B.; GUADA, J. A. Excretion of purine derivatives in cows: endogenous contribution and recovery of exogenous purine bases. *Livestock Production Science*, v. 68, p. 243-250, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(00\)00231-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(00)00231-1).

ORZUNA-ORZUNA, J. F.; DORANTES-ITURBIDE, G.; LARA-BUENO, A.; MIRANDA-ROMERO, L. A.; MENDOZA-MARTÍNEZ, G. D.; SANTIAGO-FIGUEROA, I. A Meta-Analysis of Essential Oils Use for Beef Cattle Feed: Rumen Fermentation, Blood Metabolites, Meat Quality, Performance and, Environmental and Economic Impact. **Fermentation**, v. 8, n. 6, p. 254, 2022. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fermentation8060254>.

PANCINI, S.; COOKE, R. F.; BRANDÃO, A. P.; DIAS, N. W.; TIMLIN, C. L.; FONTES, P. L. P.; SALES, A. F. F.; WICKS, J. C.; MURRAY, A.; MARQUES, R. S.; POHLER, K. G.; MERCADANTE, V. R. G. Supplementing a yeast-derived product to feedlot cattle consuming monensin: Impacts on performance, physiological responses, and carcass characteristics. **Livestock Science**, v. 231, p. 103907, 2019. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.103907>.

PENG, Q. H.; CHENG, L.; KANG, K.; TIAN, G.; AL-MAMUN, M.; XUE, B.; LI, J.; ZHANG, X.; LIU, L.; LIU, G.; LI, Y.; WANG, C. Effects of yeast and yeast cell wall polysaccharides supplementation on beef cattle growth performance, rumen microbial populations and lipopolysaccharides production. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 3, p. 810-819, mar. 2020. DOI. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62708-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62708-5).

PENG, Q.; CHENG, L.; KANG, K.; WANG, Z. Effects of yeast and yeast cell wall polysaccharides supplementation on beef cattle growth performance, rumen microbial populations and lipopolysaccharides production. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 19, n. 3, p. 810-819, 2020. DOI. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62708-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62708-5).

PENNER, G. B.; STEELE, M. A.; ASCHENBACH, J. R.; MCBRIDE, B. W. Ruminant Nutrition Symposium: Molecular adaptation of ruminal epithelia to highly fermentable diets. **Journal of Animal Science**, v. 89, n. 4, p. 1108-1120, 2011. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3378>.

PETRI, R. M.; NEUBAUER, V.; HUMER, E.; KRÖGER, I.; REISINGER, N.; ZEBELI, Q. Feed Additives Differentially Impact the Epimural Microbiota and Host Epithelial Gene Expression of the Bovine Rumen Fed Diets Rich in Concentrates. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, e00119, 2020. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32140139>.

PINLOCHE, E.; McEWAN, N.; MARDEN, J.-P.; BAYOURTHE, C.; AUCLAIR, E.; NEWBOLD, C. J. The effects of a probiotic yeast on the bacterial diversity and population structure in the rumen of cattle. **PLOS ONE**, v. 8, n. 7, e67824, 2013. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23844101>.

POTTER, E. L.; WRAY, M. I.; MULLER, R. D.; GRUETER, H. P.; MCASKILL, J.; YOUNG, D. C. Effect of monensin and tylosin on average daily gain, feed efficiency and liver abscess incidence in feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 61, n. 5, p. 1058-1065, 1985. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/jas1985.6151058x>.

PRITCHARD, R. H. Bunk management: observations from research. In: PLAINS NUTRITION COUNCIL SPRING CONFERENCE, 1998, San Antonio. *Proceedings...* San Antonio: **Texas A&M Research and Extension Center**, 1998. p. 68-75.

REIS, L. F.; SOUSA, R. S.; OLIVEIRA, F. L. C.; RODRIGUES, F. A. M. L.; ARAÚJO, C. A. S. C.; MEIRA-JÚNIOR, E. B. S.; BARRÊTO-JÚNIOR, R. A.; MORI, C. S.; MINERVINO, A. H. H.; ORTOLANI, E. L. Comparative assessment of probiotics and monensin in the prophylaxis of acute ruminal lactic acidosis in sheep. **BMC Veterinary Research**, v. 14, n. 1, 2018. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29316923/>.

REZAEIAHVANOUEI, M. R.; NOROUZIAN, M. A.; PIRAY, A. H.; VAHMANI, P.; GHAFARI, M. H. Effects of monensin supplementation on lactation performance of dairy cows: a systematic review and dose–response meta-analysis. **Scientific Reports**, v. 13, n. 1, p. 1-15, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27395-9>.

RIBEIRO, A.D.B.; FERRAZ JUNIOR, M.V.C.; POLIZEL, D.M.; MISZURA, A.A.; BARROSO, J.P.R.; CUNHA, A.R.; SOUZA, T.T.; FERREIRA, E.M.; SUSIN, I.; PIRES, A.V. Effect of thyme essential oil on rumen parameters, nutrient digestibility, and nitrogen balance in wethers fed high concentrate diets. **Arquivos Brasileiros de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 72, n. 2, p. 573-580, 2020. DOI. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4162-11322>.

RIENTS, E. L.; DETERS, E. L.; MCGILL, J. L.; BELKNAP, C. R.; HANSEN, S. L. Effects of feeding a *Saccharomyces cerevisiae* fermentation product and ractopamine hydrochloride to finishing beef steers on growth performance, immune system, and muscle gene expression. **Journal of Animal Science**, v. 101, n. 1, skac311, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skac311>.

RIGOBELLO, E. C.; MACHADO, O. R.; CARDOZO, M. V. Efeito de utilização de probióticos em dietas para bovinos Nelore terminados em confinamento. **ARS Veterinária, Jaboticabal**, SP, v. 30, n. 1, p. 57-62, 2014. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.15361/2175-0106.2014v30n1p57-62>

RODRIGUES, P. H. M.; PEIXOTO JÚNIOR, K. da C.; MORGULLIS, S. C. F.; da SILVA, E. J. A.; MEYER, P. M.; PIRES, A. V. Avaliação da monensina administrada pela forma convencional ou por dispositivo de liberação lenta (bólus) em bovinos alimentados com forragens de baixo valor nutritivo e suplementados ou não com uréia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1937-1944, 2007. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800030>.

RUSSELL, J. B.; HOULIHAN, A. J. Ionophore resistance of ruminal bacteria and its potential impact on human health. **Current Opinion in Microbiology**, v. 6, n. 3, p. 405-409, 2003. DOI. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0168-6445\(03\)00019-6](https://doi.org/10.1016/S0168-6445(03)00019-6).

RUSSELL, J. B.; STROBEL, H. J. Effect of ionophores on ruminal fermentation. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 55, n. 1, p. 1-6, 1989. doi:10.1128/AEM.55.1.1-6.1989. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/aem.55.1.1-6.1989>

SAMAL, L.; CHAUDARY, L. C.; AGARWAL, N.; KAMRA, D. Effects of plants containing secondary metabolites as feed additives on rumen metabolites and methanogen diversity of buffaloes. **Animal Production Science**, v. 55, n. 3, Jan. 2016. DOI. Disponível em: [10.1071/AN15596](https://doi.org/10.1071/AN15596).

SANTOS, R. L. C. **Avaliação da monensina, da virginiamicina e do óleo funcional na suplementação da dieta de bovinos**. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília. 2016.

SARMIKASOGLU, E.; SUMADONG, P.; ROESCH, L. F. W.; HALIMA, S.; ARRIOLA, K.; YUTING, Z.; JEONG, K. C. C.; VYAS, D.; HIKITA, C.; WATANABE, T.; FACIOLA, A. Effects of cashew nut shell extract and monensin on in vitro ruminal fermentation, methane production, and ruminal bacterial community. **Journal of Dairy Science**, v. 106, n. 7, p. 5665-5676, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23669>.

SEVCOSTA, C.; BALDASSINI, W. A.; LEAL, M. S.; MEIRELLES, P. R. L.; CASTILHOS, A. M.; NASCIMENTO JÚNIOR, N. G.; SILVEIRA, J. P. F.; PARIZ, C. M.; ROÇA, R. O.; FACTORI, M. A.; SILVA, M. G. B. Carcass, meat quality traits, and economic analysis of Nellore bulls fed with finishing feedlot diets containing mechanically processed corn silage. **Tropical Animal Health and Production**, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11250-023-03525-3>.

SILVA, B. de C.; PACHECO, M. V. C.; GODOI, L. A.; SOUZA, G. A. P. de; TRÓPIA, N. V.; PUCETTI, P.; SILVA, F. A. de S.; MENEZES, A. C. B.; RENNÓ, L.

N.; PAULINO, M. F.; SCHOONMAKER, J. P.; VALADARES FILHO, S. de C. Feed intake, nutrient digestibility, and selected rumen parameters in feedlot bulls fed diets with different feed additives. **PLOS ONE**, v. 16, n. 11, e0259414, 2021. DOI. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34727141>.

SILVA, K. G. S.; SARTURI, J. O.; JOHNSON, B. J.; WOERNER, D. R.; LOPEZ, A. M.; RODRIGUES, B. M.; NARDI, K. T.; RUSH, C. J. Effects of bacterial direct-fed microbial mixtures offered to beef cattle consuming finishing diets on intake, nutrient digestibility, feeding behavior, and ruminal kinetics/fermentation profile. *Journal of Animal Science*, v. 102, 2024. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/skae003>.

SILVA, S. N. S. e; CHABRILLAT, T.; KERROS, S.; GUILLAUME, S.; GANDRA, J. R.; CARVALHO, G. G. P. de; SILVA, F. F. da; MESQUITA, L. G.; GORDIANO, L. A.; CAMARGO, G. M. F.; RIBEIRO, C. V. Di M.; DE ARAÚJO, M. L. G. M. L.; ALBA, H. D. R.; SILVA, R. D. G. e; DE FREITAS JR., J. E. Effects of plant extract supplementations or monensin on nutrient intake, digestibility, ruminal fermentation and metabolism in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 275, p. 114886, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2021.114886>.

SILVA, T. I. S.; SOUZA, J. M.; ACEDO, T. S.; CARVALHO, V. V.; PERDIGÃO, A.; SILVA, L. A. F.; SILVESTRE, A. M.; NIEHUES, M. B.; SCHLEIFER, W. F.; CASALI, D. M.; MARTINS, C. L.; ARRIGONI, M. D. B.; MILLEN, D. D. Feedlot performance, rumen and cecum morphometrics of Nelore cattle fed increasing levels of diet starch containing a blend of essential oils and amylase or monensin. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 10, p. 1090097, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1090097>.

SILVESTRE, A. M.; CRUZ, G. D.; OWENS, F. N.; PEREIRA, M. C. S.; HICKS, R. B.; MILLEN, D. D. DM intake by feedlot beef cattle: factors that impact intake patterns. **Animal**, v. 18, p. 100734, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100734>.

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, 2021. DOI. Disponível em: 10.37496/rbz5020200189

SIMANUNGKALIT, G.; BHUIYAN, M.; BELL, R.; SWEETING, A.; MORTON, C. L.; COWLEY, F.; HEGARTY, R. The effects of antibiotic-free supplementation on the ruminal pH variability and methane emissions of beef cattle under the challenge of subacute ruminal acidosis (SARA). **Research in Veterinary Science**, v. 149, p. 56-63, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2023.05.006>.

SMITH-PALMER, A.; STEWART, J.; FYFE, L. Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. **Letters in Applied Microbiology**, Washington, v.26, p.118- 122, 1998. DOI. Disponível em: 10.1046/j.1472-765x.1998.00303.x

SOLTAN, Y.; MORSI, A.; HASHEM, N.; ELazAB, M.; SULTÃO, M.; MAREY, H.; ABO EL LAIL, G.; EL-DESOKY, N.; HOSNY, N.; MAHDY, A.; HAFEZ, E.; SALLAM, S. Nano-Montmorilonita e Monensina Moduladas Modulam a Fermentação Ruminal In Vitro, a Degradabilidade de Nutrientes e a Metanogênese de Forma Diferente. **Animals**, v. 11, n. 10, p. 3005, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani11103005>.

TONDINI, S. M.; BAYAT, A. R.; KHELIL-ARFA, H.; BLANCHARD, A.; YAÑEZ-RUIZ, D. R. Effect of a blend of cinnamaldehyde, eugenol and capsicum oleoresin on methane emission and lactation performance of Nordic Red dairy cows fed grass silage-based diets. **Livestock Science**, v. 267, p. 105494, 2024. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2024.105494>.

TORRES, R. N. S.; PASCHOALOTO, J. R.; EZEQUIEL, J. M. B.; SILVA, D. A. V. da; ALMEIDA, M. T. C. Meta-analysis of the effects of essential oil as an alternative to monensin in diets for beef cattle. **The Veterinary Journal**, v. 271, p. 105659, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2021.105659>.

TREON, E.; SIDNEY, T.; TAIWO, G.; IDOWU, M.; LEAL, Y.; OLOGUNAGBA, D.; OGUNADE, I. M. Effects of dietary supplementation of a blend of *Saccharomyces cerevisiae*, multiple live probiotic bacteria, and their fermentation products on performance, health, and rumen bacterial community of newly weaned beef steers during a 56-d receiving period. **Translational Animal Science**, 2023. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/tas/txad143>.

UYENO, Y.; SHIGEMORI, S.; SHIMOSATO, T. Effect of probiotics/prebiotics on cattle health and productivity. **Microbes and Environments**, v. 30, n. 2, p. 126–132, 2015. DOI. Disponível em: 10.1264/jsme2.ME14176.

VALADARES, R. F. D.; BRODERICK, G. A.; VALADARES FILHO, S. C.; CLAYTON, M. K. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. **Journal of Dairy Science**, v. 82, n. 12, p. 2686-2696, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(99\)75525-6](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(99)75525-6).

VALINOTE, A. C., NOGUEIRA FILHO, J. C. M., LEME, P. R., SILVA, S. D. L., & CUNHA, J. A. (2005). Fontes de lipídeos e monensina na alimentação de novilhos Nelore e sua relação com a população de protozoários ciliados do rúmen. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34, 1418-1423. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-35982005000400040>.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. Analysis of forages and fibrous foods: a laboratory manual for animal science. Ithaca, NY: Cornell University Press, 1985.

VYAS, D. et al. The effects of active dried and killed dried yeast on subacute ruminal acidosis, ruminal fermentation, and nutrient digestibility in beef heifers. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 724-732, 2014. DOI. Disponível em: 10.2527/jas.2013-7072. DOI: 10.2527/jas.2013-7072.

VYAS, D.; ALEMU, A. W.; MCGINN, S. M.; DUVAL, S. M.; KINDERMANN, M.; BEAUCHEMIN, K. A. The combined effects of supplementing monensin and 3-nitrooxypropanol on methane emissions, growth rate, and feed conversion efficiency in beef cattle fed high-forage and high-grain diets. **Journal of Animal Science**, v. 97, n. 7, p. 2870-2881, 2018. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/jas/sky174>.

WEBB, M. J.; BLOCK, J. J.; HARTY, A. A.; SALVERSON, R. R.; DALY, R. F.; JAEGER, J. R.; UNDERWOOD, K. R.; FUNSTON, R. N.; PENDELL, D. P.; ROTZ, C. A.; OLSON, K. C.; BLAIR, A. D. Cattle and carcass performance, and life cycle assessment of production systems utilizing additive combinations of growth promotant technologies. **Translational Animal Science**, v. 4, n. 1, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/tas/txaa216>.

WEISS, C. P.; BECK, P. A.; GADBERRY, M. S.; RICHESON, J. T.; WILSON, B. K.; ROBINSON, C. A.; ZHAO, J.; HESS, T.; HUBBELL III, D. Effects of intake of monensin during the stocker phase and subsequent finishing phase on performance and carcass characteristics of finishing beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 98, n. 6, p. 2040-2052, 2020. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.15232/aas.2020-02031>.

WELLS, C. W. Effects of essential oils on economically important characteristics of ruminant species: A comprehensive review. **Animal Nutrition**, v. 14, n. 6, p. 1511-1529, 2024. DOI: 10.1016/j.aninu.2023.05.017. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2023.05.017>.

YÁÑEZ-RUIZ, D.R., Bannink, A., Dijkstra, J., Kebreab, E., Morgavi, D.P., O'Kiely, P., Reynolds, C.K., Schwarm, A., Shingfield, K.J., Yu, Z., Hristov, A.N., 2016. Design, implementation and interpretation of in vitro batch culture experiments to assess enteric methane mitigation in ruminants-a review. **Animal Feed Science and Technology**. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.03.016>

ZEFERINO, R. C. F.; PIAIA, V. A. A.; ORSO, V. T.; PINHEIRO, V. M.; ZANETTI, M.; COLPANI, G. L.; PADOIN, N.; SOARES, C.; FIORI, M. A.; RIELLA, H. G. Synthesis of geranyl acetate by esterification of geraniol with acetic anhydride through heterogeneous catalysis using ion exchange resin. **Chemical Engineering Research and Design**, v. 168, p. 156-168, 2021. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2021.01.031>.

ZGURKSAYA, H. I., & RYBENKOV, V. V. Permeability barrier of Gram-negative cell envelopes and approaches to bypass it. **ACS Infectious Diseases**, v. 6, n. 9, p. 1913-1920, 2020. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acsinfecdis.5b00097>.



ZORNITTA, C. da S.; ÍTAVO, L. C. V.; ÍTAVO, C. C. B. F.; DIAS, A. M.; FRANCO, G. L.; SILVA, A. P. da; GURGEL, A. L. C. Effect of monensin and/or probiotics on feed intake, apparent digestibility, ruminal, serum and urinary variables, and nitrogen balance of steers. **Animal Feed Science and Technology**, v. 310, p. 116035, 2024. DOI. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2024.116035>.

## 8. ANEXO A – COMPROVANTE DO CEUA



Protocolo nº 353-2022

Governo do Estado de São Paulo  
Secretaria de Agricultura e Abastecimento  
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios  
Instituto de Zootecnia

## CERTIFICADO

Certificamos que o protocolo intitulado “EFEITO DE ADITIVOS COMO ALTERNATIVA AOS IONOFOROS PARA MELHORIA DO STATUS ANTIOXIDANTE DE BOVINOS NELORE TERMINADOS EM SISTEMA DE CONFINAMENTO”, protocolo nº “353-2022, sob a responsabilidade de Renata Helena Branco Arnandes, Eduardo Marostegan de Paula e Elaine Magnani, que envolve a utilização de bovinos para fins de pesquisa científica – encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899 de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), tendo sido aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA) do INSTITUTO DE ZOOTECNIA, em reunião de 22/06/2022.

Finalidade	( ) Ensino (X) Pesquisa Científica ( ) Treinamento
Vigência do Projeto	22/06/2022 a 01/02/2023
Espécie/Linhagem	<i>Bos taurus indicus/ nelore</i>
No. de Animais	160
Peso/Idade	350 kg/ 19 meses
Sexo	160 machos
Origem	CPBC/IZ

José Evandro de Moraes  
Presidente CEUA-IZ



## Assinaturas do documento



Código para verificação: **3U8EL97S**

Este documento foi assinado digitalmente pelos seguintes signatários nas datas indicadas:



**PEDRO DEL BIANCO BENEDETI** (CPF: 348.XXX.438-XX) em 07/10/2024 às 09:51:19

Emitido por: "SGP-e", emitido em 25/05/2020 - 10:42:05 e válido até 25/05/2120 - 10:42:05.

(Assinatura do sistema)

Para verificar a autenticidade desta cópia, acesse o link <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo/conferencia-documento/VURFU0NfMTlwMjJfMDAwNDM1MzdfNDM1ODVfMjAyNF8zVThtFTDk3Uw==> ou o site <https://portal.sgpe.sea.sc.gov.br/portal-externo> e informe o processo **UDESC 00043537/2024** e o código **3U8EL97S** ou aponte a câmera para o QR Code presente nesta página para realizar a conferência.