

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

USO DE ADITIVOS FITOGÊNICOS EM DIETAS PARA BOVINOS DE CORTE  
CONFINADOS

ANDRÉ FERNANDO FRANCISCHINELLI

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Zootecnia como parte das  
exigências para obtenção do título de Mestre  
em Zootecnia

BOTUCATU – SP  
Fevereiro 2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA  
CAMPUS DE BOTUCATU

USO DE ADITIVOS FITOGÊNICOS EM DIETAS PARA BOVINOS DE CORTE  
CONFINADOS

ANDRÉ FERNANDO FRANCISCHINELLI

Orientador: Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni

Coorientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cytia Ludovico Martins

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Zootecnia como parte das  
exigências para obtenção do título de Mestre  
em Zootecnia

BOTUCATU – SP  
Fevereiro 2025

F819u

Francischinelli, André Fernando

Uso de aditivos fitogênicos em dietas para bovinos de corte confinados / André Fernando Francischinelli. -- Botucatu, 2025  
63 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),  
Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu

Orientador: Mário De Beni Arrigoni

Coorientadora: Cyntia Ludovico Martins

1. Fitogênicos ou fitoterápicos. 2. Aditivos alimentares. 3. Bovinos  
- carcaça. 4. Desempenho. 5. Saúde ruminal. I. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu



**ATESTADO DE APROVAÇÃO - DEFESA**

Atestamos que **ANDRÉ FERNANDO FRANCISCHINELLI**, RA nº: ZNP220124, RG nº 40.156.993-7, expedido pela SSP/SP, defendeu, no dia 19/02/2025, a dissertação intitulada **USO DE ADITIVOS FITOGÊNICOS EM DIETAS PARA BOVINOS DE CORTE CONFINADOS**, junto ao Programa de Pós Graduação em Zootecnia, Curso de Mestrado Acadêmico, tendo sido 'APROVADO'.

Atestamos ainda que a obtenção do título dependerá de homologação pelo Órgão Colegiado competente.

Botucatu, 19 de fevereiro de 2025

*Claudia Cristina Moreci*

Láudia Cristina Moreci  
Assistente Administrativa  
Seção de Pós-Graduação / FMVZ

## **BIOGRAFIA DO AUTOR**

André Fernando Francischinelli, nascido em 06 de junho de 1994, na cidade de Itu/SP, filho de Hélio do Carmo Francischinelli e Sueli de Fátima Ferrari Francischinelli, ingressou no curso de Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Câmpus de Botucatu/SP, em março de 2017 e graduou-se em janeiro de 2022. Em agosto de 2022 iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia da UNESP – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia – Câmpus de Botucatu, onde foi bolsista pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior /CAPES. Atua na área de produção de bovinos de corte.

“Toda adversidade traz consigo a semente de uma vantagem maior ou equivalente”.

Napoleon Hill

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, **Hélio Do Carmo Francischinelli e Sueli Ferrari Francischinelli**, por todo amor, carinho e cuidado doados a mim de forma incondicional.*

*Muito obrigado por sempre acreditarem e me apoiarem em todos os momentos, vocês foram fundamentais para me tornar a pessoa que sou hoje. Estarmos juntos compartilhando mais essa conquista, e ter o privilégio de contemplar a expressão de orgulho em vossos rostos é a minha maior riqueza. Essa conquista é nossa!*

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus, me deu o privilégio de nascer com melhores pais que alguém poderia ter. Por toda saúde, força e paixão para enfrentar as dificuldades e desafios percorridos até aqui.

À Nossa Senhora Aparecida, por sempre me cobrir com teu manto, concedendo proteção, saúde e iluminando meu caminho.

Aos meus pais que são meus maiores exemplos em tudo na vida. Me passaram os valores e ensinaram o que temos de valioso na vida. Muito obrigado por tudo, palavras não são suficientes para descrever o quanto eu amo e sou grato aos senhores.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mário De Beni Arrigoni, pela amizade, orientação, conselhos e oportunidades concedidas. Me espelho e admiro muito o seu profissionalismo, muito obrigado por contribuir em meu crescimento pessoal e profissional.

À minha coorientadora, Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cyntia Ludovico Martins, por todo apoio, conselhos e orientação. Desde o primeiro ano da faculdade me ensinando valiosas lições, sendo o suporte e trazendo o incentivo com muito entusiasmo para todos os momentos.

Ao Dr. Alexandre Perdigão pelos ensinamentos, paciência e auxílio ao longo de todo trabalho.

Ao Dr. Vitor Carvalho pela oportunidade em desenvolver esse projeto.

À DSM Firmenich Produtos Nutricionais Brasil, por financiamento do projeto e proporcionar diversas oportunidades.

Aos colegas da Fazenda Caçadinha e do I&AS Beef Center, Josivaldo Pereira, Osnei, José, Suelen, Dona Elaine, Dona Claudia, Dona Edslaine.

À toda minha família, que mesmo longe se fez presente.

Aos meus avós, José Francischinelli (*in memorian*), Judite Teocchi Francischinelli (*in memorian*), Dolival Ferrari (*in memorian*), Aparecida Ferrari (*in memorian*), que foram a base da minha família, sendo exemplos de caráter, transmitindo valores, lições, trabalho e muita união, para que meus pais pudessem crescer e me ensinar a dar valor no que realmente importa.

Aos meus amigos que me acompanharam na graduação e agora na pós-graduação, Daniel Gouvêa e Vitória Ribeiro, sempre estiveram presentes em todos os momentos. Obrigado por toda amizade, parceria e pelas risadas compartilhadas, a equipe Beef Team sempre estará no meu coração.

À Ana Lucia Belintano, Gislaine Jara, Yohana Siqueira, Edvan Teixeira, Grazielle Deveschio, Adrielly Weber, e toda equipe da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul e Universidade Federal de Mato Grosso do Sul envolvidas com os experimentos a pasto, que também colocaram a mão na massa para que esse projeto viesse a ser bem-sucedido.

À Maria Bethânia por sempre contribuir com seu conhecimento, conselhos e inúmeros suportes, esse projeto não teria tal desenvolvimento sem sua participação, muito obrigado.

Ao Prof. Dr. Ciniro Costa, Dr. Vitor Carvalho, Prof. Dr. Paulo Meirelles, Dr. Alexandre Perdigão, Dr<sup>a</sup> Maria Betânia, Prof. Dr. Murillo Ceola Steffano, Prof. Dr. Daniel Montanher Polizel por aceitarem participar da minha banca do Exame Geral de Qualificação e Defesa, contribuindo para o aprimoramento dessa dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - BRASIL (CAPES), pela concessão da bolsa de pesquisa, fundamental para meu desenvolvimento e estadia em Botucatu-SP.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

À Profª Drª Margarida Barros, por todo suporte, empatia, compreensão quando as coisas ficaram complicadas. Muito obrigado. A Sra. não imagina o quanto me ajudou e o quanto sou grato por todas as palavras que a mim ficaram guardadas no coração.

À Claudia e toda equipe de Pós-Graduação, por todo suporte acadêmico, orientação e cuidado.

Ao Renato, chefe do Departamento de Produção Animal e Medicina Veterinária Preventiva, muito obrigado por toda amizade, suporte e disponibilidade.

À toda equipe e colaboradores do Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal.

À Empresa Júnior NUTRIR, por proporcionar oportunidades e influenciar diretamente em meu crescimento pessoal e profissional, e atuando ativamente em todos os que participam de forma direta ou indiretamente.

A todos que não foram citados e que de alguma forma contribuíram para a conclusão desse projeto. Muito obrigado!! A caminhada não seria a mesma sem a participação de todos vocês.

## RESUMO GERAL

O presente estudo teve como objetivo avaliar a adição de um aditivo fitogênico em dietas para bovinos Nelore confinados, buscando desempenho, qualidade de carcaça e carne, e saúde ruminal. Foram utilizados 224 touros Nelores, com peso vivo inicial de  $413,81 \pm 9,76$  kg, com idade de 20 meses, foram distribuídos aleatoriamente em 4 tratamentos: T1: Monensina sódica (Rumensin® Elanco, 26 mg/kg MS); T2: Blend de óleos essenciais (Crina® Ruminants DSM Firmenich, 90mg/kg MS); T3: Aditivo Fitogênico (Digestarom® Prime, BIOMIN Phytogenics GmbH Alemanha, 90 mg/kg MS); T4: Blend de óleos essenciais (Crina® Ruminants DSM Firmenich, 80 mg/kg MS) + Aditivo Fitogênico (Digestarom® Prime, BIOMIN Phytogenics GmbH Alemanha, 80mg/kg MS). Os animais foram submetidos a um período de adaptação de 14 dias utilizando protocolo de escada, e permanecendo confinados por um período total de 101 dias. Os animais foram pesados em jejum (14h) no início, no dia 26 e no final do experimento e o consumo foi mensurado para cada baia por meio da pesagem da ração fornecida menos a sobra pesada antes do primeiro trato. Os dados foram analisados pelo PROC MIXED do SAS® para  $P < 0,05$ . Os animais suplementados com DG apresentaram melhor desempenho produtivo, visto os valores de PV d-26 (474,26 vs 461,65 kg,  $P=0,005$ ), PV final (581,77 vs 564,27 kg,  $P=0,004$ ), GMD (1,66 vs 1,49 kg,  $P=0,01$ ), maior IMS no período inicial (10,92 vs 9,18 kg,  $P < 0,0001$ ) e IMS no período total (11,95 vs 10,83 kg,  $P=0,008$ ), PCQ (338,88 vs 326,16 kg,  $P=0,02$ ), GMDc (1,34 vs 1,21 kg,  $P=0,02$ ), comparados aos animais tratados com MON, não diferindo entre os grupos CR e CR+DG. Já na avaliação por ultrassom nas características no padrão de crescimento muscular e adiposo, não foram influenciadas pelos diferentes tratamentos ( $P < 0,05$ ), exceto a espessura de gordura na garupa final (P8 final, mm), que apresentou tendência ( $P=0,10$ ) em ser superior para DG. Ao analisarmos as características na qualidade da carne nenhuma das características foi influenciada pelos diferentes tratamentos, exceto pela perda por evaporação ( $P=0,06$ ) que tenderam a ser maiores para MON quando comparados aos demais tratamentos. Avaliando as variáveis microscópicas na morfometria ruminal nenhuma das características foram influenciadas pelos diferentes tratamentos, com exceção da relação epitélio:queratina que foi significativo para DG ( $P=0,05$ ). Já nas variáveis macroscópicas animais suplementados com MON apresentaram maior ASA ( $P < 0,05$ ) quando comparados a DG, e não diferindo dos demais tratamentos.

O Digestarom® Prime melhora o desempenho produtivo sem afetar a eficiência, sendo uma alternativa viável para substituição da monensina.

Palavras-chave: fitogênicos; Nelore; saúde ruminal; antioxidantes; imunidade; desempenho.

## ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate the effects of the phytogenic additive on performance, carcass traits, ruminal health and meat quality of Nelore feedlot cattle. A total of 224 Nelore bulls, with an initial body weight of  $413.81 \pm 9.76$  kg and an average age of 20 months, were randomly assigned to four treatments: T1 Sodium monensin (Rumensin® Elanco, 26 mg/kg DM), T2 Essential oil blend (Crina® Ruminants DSM Firmenich, 90 mg/kg DM), T3 Phytogenic additive (Digestaron® Prime, BIOMIN Phytogenics GmbH, Germany, 90 mg/kg DM), and T4 Essential oil blend (Crina® Ruminants DSM Firmenich, 80 mg/kg DM) + Phytogenic additive (Digestaron® Prime, BIOMIN Phytogenics GmbH, Germany, 80 mg/kg DM). After a 14-day adaptation period using a step-up protocol, the animals were confined for a total of 101 days. Weight was measured after fasting (14 h) at the beginning, on day 26, and at the end of the experiment, and feed intake was monitored by weighing the provided feed and subtracting the remaining feed before the first meal. The data were analyzed using the PROC MIXED procedure of SAS®, considering significance at  $P < 0.05$ . The results showed that animals supplemented with Digestaron® Prime (DG) exhibited better productive performance compared to those treated with monensin (MON), with higher body weight at day 26 (474.26 vs. 461.65 kg,  $P = 0.005$ ), final body weight (581.77 vs. 564.27 kg,  $P = 0.004$ ), average daily gain (1.66 vs. 1.49 kg,  $P = 0.01$ ), and greater average dry matter intake during the initial period (10.92 vs. 9.18 kg,  $P < 0.0001$ ) and total period (11.95 vs. 10.83 kg,  $P = 0.008$ ), as well as higher hot carcass weight (338.88 vs. 326.16 kg,  $P = 0.02$ ) and carcass (1.34 vs. 1.21 kg,  $P = 0.02$ ). No differences were observed between the CR and CR+DG groups. Ultrasonographic evaluation of muscle and fat growth traits was not significantly influenced by the different treatments ( $P < 0.05$ ), except for the final rump fat thickness (P8 final, mm), which showed a trend ( $P = 0.10$ ) to be higher for DG. In terms of meat quality, none of the traits were influenced by the treatments, except for evaporation loss ( $P = 0.06$ ), which tended to be higher for the MON group compared to the other treatments. Regarding microscopic ruminal morphometry, none of the characteristics were significantly affected by the treatments, except for the epithelial:keratin ratio, which was significant for DG ( $P = 0.05$ ). For macroscopic variables, animals supplemented with MON had a larger ruminal surface area (RSA) ( $P < 0.05$ ) compared to DG, with no differences between the other treatments. It can be concluded that Digestaron® Prime improves productive performance without affecting efficiency, representing a viable alternative to monensin supplementation in confined Nelore cattle diets.

**Keywords:** phytogenics; Nelore; ruminal health; antioxidants; immunity; performance.

**LISTA DE TABELAS****CAPÍTULO 2**

<b>Tabela 1.</b> Composição e conteúdo nutricional estimado das dietas fornecidas aos animais durante o período experimental.....	37
<b>Tabela 2.</b> Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações na ingestão de matéria seca e no desempenho de bovinos Nelore confinados.....	42
<b>Tabela 3.</b> Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações nas características de carcaça de bovinos Nelore confinados.....	44
<b>Tabela 4.</b> Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações no padrão de crescimento muscular e adiposo de bovinos Nelore confinados.....	45
<b>Tabela 5.</b> Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações na qualidade de carne de bovinos Nelore confinados.....	46
<b>Tabela 6.</b> Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações nas variáveis microscópicas na morfometria ruminal de bovinos Nelore confinados....	47
<b>Tabela 7.</b> Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações nas variáveis microscópicas na morfometria ruminal de bovinos Nelore confinados....	48

**LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS**

a*	Intensidade de vermelho
AGCC	Ácidos graxos de cadeia curta
AMP	Área média das papilas
AMSA	American meat Science Association
AOL	Área de olho de lombo
ASA	Área total de superfície absorviva
b*	Intensidade de amarelo
BEO	Blend de óleos essenciais
CA	Conversão alimentar
CEUA	Comissão de ética no uso de animais
CMS	Consumo de matéria seca
CR	CRINA
DG	Digestarom
EA	Eficiência alimentar
EGS	Espessura de gordura subcutânea
RLM	Ração lucro máximo
FC	Força de cisalhamento
GMD	Ganho médio diário
GMDc	Ganho médio diário de carcaça
GMDCyield	Rendimento de ganho de carcaça
GPD	Ganho de peso diário
H+	Hidrogênio

IMS	Ingestão de matéria seca
K+	Potássio
L*	Luminosidade
MAR	Marmoreio
MON	Monensina sódica
Na+	Sódio
NMP	Número médio de papilas
NRBC	Nutrient Requirements of Beef Cattle
NSC	Carboidratos não-estruturais
OE	Óleos essenciais
P8	Espessura de gordura na picanha
PCF	Peso de carcaça fria
PCQ	Peso de carcaça quente
PV	Peso vivo
PVf	Peso vivo final
PVi	Peso vivo inicial
RC	Rendimento de carcaça
SC	Carboidratos Estruturais
UGC	Ultrasound guidelines council

## SUMÁRIO

### CAPÍTULO 1

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	19
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1. <i>Ionóforos</i> .....	20
2.1.1. <i>Monensina Sódica</i> .....	20
2.2. <i>Óleos Essenciais</i> .....	22
2.2.1. <i>Crina</i> .....	22
2.3. <i>Fitogênicos</i> .....	24
3. OBJETIVOS.....	26
3.1. Objetivo geral.....	26
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	27

### CAPÍTULO 2

1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	36
2.1. <i>Animais e local experimental</i> .....	36
2.2. <i>Delineamento experimental</i> .....	36
2.3. <i>Manejo, arraçamento e cuidado com os animais</i> .....	37
2.4. <i>Desempenho produtivo</i> .....	38
2.5. <i>Padrão de crescimento muscular e adiposo de bovinos Nelore</i> .....	38
2.6. <i>Avaliação das características e produção de carcaça</i> .....	39
2.7. <i>Morfologia e histologia das papilas do rúmen</i> .....	39
2.8. <i>Avaliação da qualidade de carne</i> .....	40
2.9. <i>Análise Estatística</i> .....	41
3. RESULTADOS.....	42

3.1. <i>Efeito de aditivos para ingestão de matéria seca e desempenho produtivo</i> .....	42
3.2. <i>Efeitos de aditivos alimentares e suas combinações nas características de carcaça</i> .....	43
3.3. <i>Efeitos de aditivos alimentares e suas combinações no padrão de crescimento do tecido muscular e adiposo</i> .....	45
3.4. <i>Efeitos de aditivos alimentares e suas combinações na qualidade da carne</i> .....	46
3.5. <i>Morfometria Ruminal</i> .....	47
4. DISCUSSÃO.....	48
5. CONCLUSÃO.....	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	54

### **CAPÍTULO 3**

IMPLICAÇÕES.....	63
------------------	----

## **CAPÍTULO 1**

## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Diante da crescente evolução dos confinamentos brasileiros nos níveis de inclusão de concentrados nas dietas (PINTO e MILLEN, 2016), a procura por aditivos alimentares que possam melhorar o desempenho, a captação e absorção dos nutrientes consumidos são essenciais. Assim, a busca por novos aditivos alimentares moduladores da fermentação ruminal e que melhorem o desempenho e bem-estar animal se torna fundamental.

Dietas com maior teor de carboidratos não fibrosos trazem consigo o lado vantajoso de apresentar melhor desempenho, acabamento de carcaça, qualidade de carne e também maior rentabilidade em todo o sistema operacional e produtivo, contudo, ao intensificar o sistema, carrega-se o lado desafiador de que se essas dietas não forem manejadas de forma adequada, podem ocasionar possíveis distúrbios metabólicos, como, acidose ruminal, laminites, abscessos hepáticos e outros (KRAUSER e OETZEL, 2006), refletindo em perdas econômicas para o produtor e toda cadeia produtiva.

O consumo de ração com maiores inclusões de alimentos concentrados, provoca mudança desordenada na população de microrganismos ruminais, acarretando agudas quedas de pH e desequilíbrio na microbiota ruminal. Frente a intensificação, necessita-se recorrer a ferramentas que permitam manipular a fermentação ruminal, para que se tenha melhor captação e absorção desses nutrientes, atingindo assim o máximo potencial produtivo desses animais (BARDUCCI, 2010).

Dentre as ferramentas utilizadas para manipular a fermentação ruminal pode-se incluir a linha de aditivos alimentares, sendo os ionóforos, com um foco maior na monensina sódica diante de seus benefícios relatados na literatura como moduladores da fermentação ruminal e melhoradores de desempenho seguidos por óleos essenciais e fitogênicos. A busca por aditivos naturais se iniciou devido a demandas do setor produtivo em reduzir o uso de antibióticos por receio de possíveis resíduos, com isso, os melhoradores de desempenho naturais surgiram como uma alternativa em tornar o processo produtivo eficiente, onde o animal consiga expressar seu máximo potencial produtivo e garantindo a segurança alimentar.

Antes mesmo dos animais adentrarem ao confinamento, passam pelo seu primeiro desafio, o transporte, seguido pelo processamento de entrada, onde é realizada a vacinação, vermifugação, pesagem e separação dos lotes. Brown e Millen (2009) relataram que conforme esses animais se adaptam ao ambiente do confinamento, se inicia a recuperação de água corporal perdida e seguida pela hierarquia social, estabelecimento da imunidade e adaptação da microbiota ruminal para processar os novos ingredientes da dieta. Todo esse processo gera

estresse ao animal, que se não reestabelecido adequadamente, o desempenho será suprimido, não podendo levar ao máximo potencial produtivo que o animal poderia desempenhar.

Aditivos fitogênicos são promotores de crescimento naturais derivados de plantas, ervas, óleos essenciais, cascas de árvores e raízes (WINDISCH et al. 2008; YANG et al. 2015). Os fitogênicos atuam de diversas maneiras e possuem efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e antimicrobianos, incluindo também estimulação na ingestão de alimentos e produção de secreções gástricas (SMITH-PALMER et al., 1988; DORMAN e DEANS, 2000; WEI e SHIBAMOTO, 2007).

Desta forma o objetivo deste trabalho foi avaliar a inclusão de um aditivo fitogênico ou óleos essenciais, ou ainda a combinação de um aditivo fitogênico e óleos essenciais em comparação com a monensina sódica em dietas com alto teor de concentrado, avaliando o desempenho, características de carcaça, saúde ruminal e qualidade de carne de bovinos Nelore confinados

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### ***2.1 Ionóforos: Monensina Sódica***

#### ***2.1.1 Monensina Sódica***

Os estudos dos ionóforos avaliando seu impacto na nutrição de ruminantes se iniciaram em 1970, tendo a monensina sódica como alvo principal desses estudos (RODRIGUES, 2016), com ela atuando na alteração da relação dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCC). Conforme Guan et al. (2016), mencionam que ocorreu diminuição na relação acetato: propionato, tendo em vista que a monensina seleciona bactérias Gram-positivas, produtoras de acetato, butirato, lactato e amônia e beneficiam a proliferação de bactérias Gram-negativas, consumidoras de lactato e produtoras de propionato, a monensina se tornou um dos ionóforos mais amplamente estudados e discutidos (PEREIRA, 2014).

Os ionóforos são classificados como antibióticos conforme o Food and Drug Administration (FDA) agência controladora dos Estados Unidos, que aprovaram seu uso como promotor de crescimento para bovinos confinados em 1975 (McGUFFEY, 2001).

Segundo Hiroko et al. (1994), os ionóforos foram classificados como antibióticos poliéteres, a maioria constituído de pequenas moléculas orgânicas que formam canais de íons permeáveis ou atuam como carreadoras móveis nas membranas lipídicas,

desorganizando o gradiente de prótons das mitocôndrias devido a favorecer a permeabilidade de íons específicos.

Os ionóforos atuam por meio de um processo chamado bomba iônica, responsável por regular o balanço químico entre o meio interno e externo da célula. Ao se ligarem à membrana celular das bactérias, protozoários e provavelmente dos fungos ruminais, favorecem a movimentação dos cátions através da membrana celular, modificando o deslocamento cinético celular de sódio ( $\text{Na}^+$ ), alterando a demanda energética de manutenção dos gradientes osmóticos (DEGANI e ELGAVISH, 1978; SAINI et al. 1979).

As bactérias não apresentam ou apresentam baixa capacidade de armazenar energia na forma de outros compostos (lipídeos, amido e outros), portanto essa troca iônica de  $\text{H}^+$  por  $\text{K}^+$  é importante para sua sobrevivência, pois o mecanismo de reserva energética das bactérias é essa diferença entre as cargas elétricas do meio intracelular e extracelular.

Segundo Russel (1987), o mecanismo de ação da monensina que visa desorganizar o transporte de íons e inibir o crescimento microbiano é devido a ela ter 10 vezes mais afinidade por  $\text{Na}^+/\text{H}^+$  do que por  $\text{K}^+/\text{H}^+$ , como o gradiente de  $\text{K}^+$  é 25 vezes maior que  $\text{Na}^+$ , o efluxo de  $\text{K}^+$  pela monensina se torna mais favorável que o efluxo de sódio ( $\text{Na}^+$ ). Com a saída de potássio ( $\text{K}^+$ ) da célula ocorre acúmulo de prótons ( $\text{H}^+$ ), isso em decorrência das células expelirem prótons via ATPase para manter o pH intracelular mais alcalino, levando ao decréscimo do pH intracelular, o mesmo junto ao gasto excessivo de ATP's devido ao transporte desordenado de íons, provoca a morte ou redução do crescimento microbiano.

Conforme a categoria de substrato que as bactérias fermentam, elas são classificadas em fermentadoras de carboidratos estruturais (SC) e não-estruturais (NSC), proteolíticas, metanogênicas, lácticas e lipolíticas. As bactérias podem ser classificadas em positivas e negativas, de acordo com o método de Gram, sendo as Gram-Positivas mais sensíveis aos ionóforos do que as Gram-Negativas, isso devido a sua bicamada fosfolipídica (PEREIRA, 2014). Nagaraja (1981) ao avaliar a sensibilidade das bactérias utilizando monensina e lasalocida, notou que das Gram-positivas, produtoras de lactato e Gram-negativas consumidoras de lactato, grande parte das bactérias Gram-positivas foram inibidas por ambos os aditivos, diferente das Gram-negativas que permaneceram sem alteração.

Além da monensina atuar na alteração da relação dos AGCC, ela também influencia regulando o consumo de matéria seca (CMS), oferecendo menor variação no CMS se

comparados com animais que não receberam suplementação com o aditivo (STOCK et al., 1995).

Duffield et al. (2012) relataram que a monensina limita o consumo, por outro lado, melhora o ganho de peso e a eficiência alimentar dos bovinos de corte nas fases de crescimento e terminação. Rogers et al. (1982) sugere que essa regulação no consumo é em decorrência da alteração na proporção de AGCC, mais precisamente ao propionato (precursor da glicose), que é responsável pela regulação de saciedade nos ruminantes.

Raun et al. (1976) propõem que a melhora na eficiência alimentar com o efeito da monensina por meio das mudanças naturais da fermentação ruminal também está associada com a diminuição da produção de metano. Segundo Blaxter (1962) a quantidade de energia que a produção de metano pode afetar na dieta é de no máximo 12%, logo, com a diminuição da produção de metano e aumento na proporção de propionato, pressupõe-se que a quantidade de energia na dieta disponível para absorção aumente.

Diante da alta demanda em potencializar resultados e buscar o máximo potencial produtivo, aliado ao bem-estar animal, o empenho em encontrar novos aditivos e métodos que contribuam com essa missão se torna indispensável.

## ***2.2 Óleos essenciais***

### ***2.2.1 Crina***

Com a proibição da União Europeia no uso de antibióticos para bovinos (artigo nº11, regulamento 1831/2003) com a hipótese de uma potencial transferência de resistência antimicrobiana dos animais para os seres humanos, podendo impactar diretamente na saúde pública (KELLY, et al., 2004), intensificaram as buscas por aditivos naturais que possuam propriedades capazes de melhorar o desempenho, eficiência no ganho e minimizar ou prevenir distúrbios metabólicos, sem que comprometa a segurança alimentar, colaborando assim para se tornar um possível substituto para a monensina.

Os óleos essenciais (OE) são metabólitos secundários naturais responsáveis pelo cheiro e cor de algumas plantas, extraídos dos tecidos vegetais por destilação a vapor de água ou solventes (CALSAMIGLIA et al., 2007). Grande parte dos OE são blends de fenólicos, monofenóis e sesquiterpenos que são biogenicamente associados, como: timol, carvacrol, eugenol (HUMMELBRUNNER e ISMAN, 2001). Segundo a literatura, estudos apontam que seu efeito é semelhante ao da monensina na fermentação

ruminal, onde ocorre a inibição das bactérias Gram-positivas (CALSAMIGLIA, et al., 2007). Bakkali et al. (2008) relataram que os OE e seus constituintes conseguem atravessar a parede celular e a membrana citoplasmática devido a serem lipofílicos, assim quebrando as estruturas de diferentes camadas de ácidos graxos, fosfolipídios e polissacarídeos os deixando mais permeáveis. As bactérias utilizam o recurso da bomba iônica na tentativa de reestabelecer o equilíbrio e evitar a morte celular, porém ocorre um gasto elevado de energia, limitando o crescimento bacteriano (CALSAMIGLIA et al., 2007). Por consequência, com essa alteração na proliferação microbiana ocorre uma mudança da população na microbiota ruminal.

Apesar dos avanços, ainda não está totalmente esclarecido de como os OE atuam na atividade antimicrobiana (LAMBERT et al., 2001). Carson et al. (2002) propõem que a atividade antimicrobiana não esteja ligada a um mecanismo em particular, mas a múltiplas formas de ação, isso devido ao variado número de elementos presentes na composição dos OE serem elevados. Por se tratar de mecanismos interdependentes, a atividade antibacteriana depende das funções dos compostos utilizados para a produção dos OE (JANSSEN et al. 1986; LIS-BALCHIN e DEANS, 1997; DEMETZOS et al. 1997).

Calsamiglia et al. (2007), discorrem que o timol se mostrou mais efetivo em pH 5,5 se equiparado com 6,5. Segundo o mesmo autor, os OE quando estão em menor pH conseguem permanecer mais indissociado, aumentando sua capacidade de se relacionar com os lipídios e proteínas da membrana bacteriana devido a sua hidrofobicidade ter se elevado por conta do pH baixo e com isso pode-se presumir que dietas ricas em concentrado podem potencializar seus efeitos.

Ornaghi et al. (2017) relataram que obtiveram maior IMS, peso vivo final (PVF), ganho de peso diário (GPD) e peso de carcaça fria (PCF) com o uso dos OE quando comparado com o grupo controle. Meschiatti et al. (2019) utilizaram uma suplementação de 90 mg/kg MS de um blend de OE (CRINA® Ruminants, DSM Produtos Nutricionais, Basel, Suíça) em comparação com a monensina (Rumensin – Elanco Animal Health, Indianapolis, IN) na dose de 26 mg/kg MS e obtiveram IMS de 0,590 g superior quando comparados com o tratamento de monensina, refletindo em 10 kg a mais de PVF e 7 kg a mais de PCQ, porém, não foi observado efeito para as demais variáveis de desempenho.

Os trabalhos sobre os efeitos dos OE sobre o pH ruminal e na fermentação ruminal ainda são escassos, porém alguns trabalhos indicam resultados prósperos, com melhor

desempenho e redução no risco de distúrbios metabólicos em dietas com alto teor de concentrado.

### ***2.3 Fitogênicos***

Os fitogênicos ou fitoterápicos surgiram diante a demanda em buscar novas tecnologias naturais que possam atender exigências do mercado perante constantes intensificações, tornando os sistemas de produção mais sustentáveis, eficientes e garantindo a segurança alimentar. Brown et al. (2006), relataram que, principalmente durante o período inicial de recebimento, os animais passam por diversos desafios que afetam diretamente na produtividade, bem-estar e saúde dos mesmos, ficando submetidos a maiores cargas metabólicas e desafios iniciais. Os desafios do período inicial englobam uma série de fatores, sendo eles o transporte, a introdução de um novo ambiente e transição alimentar, podendo prejudicar seu sistema imunológico (COOKE, 2017). Lipopolis et al. (2017), propõem que a ocorrência de doenças clínicas, subclínicas e a baixa da imunidade é agravada pelo baixo consumo no período inicial, atrelada a mistura de diferentes animais em um mesmo ambiente.

Com o uso de dietas com maior índice de carboidratos não fibrosos, os riscos de distúrbios metabólicos aumentam. Segundo Owens et al. (1998), episódios de acidose clínica ou subclínica podem ocasionar em morte bacteriana, com consequente liberação de endotoxinas, lipopolissacarídeos ou aminas. Abaker et al. (2017), relataram que essas endotoxinas podem levar a um quadro inflamatório que suprimem a atividade antioxidante. Frente a esses desafios, os aditivos fitogênicos podem atuar como alternativa, melhorando a fermentação ruminal e reduzindo o quadro inflamatório.

Os aditivos fitogênicos possuem origem vegetal e são compostos derivados de plantas, raízes, ervas, óleos essenciais ou cascas de árvores, sendo utilizados como promotores de crescimento natural (WINDISCH et al. 2008; YANG et al. 2015). Por possuírem efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e antimicrobianos, incluindo estimulação na ingestão de alimentos e produção de secreções gástricas, os fitogênicos podem atuar de inúmeras maneiras, trazendo potenciais benefícios para melhorar o desempenho e prevenir distúrbios intestinais (SMITH-PALMER et al. 1988; DORMAN e DEANS, 2000; WEI e SHIBAMOTO, 2007; SCHIEDER et al. 2014). Tais processos contribuem para que o desempenho seja comprometido, e caso o animal não se reestabeleça de forma adequada não desenvolverá seu potencial produtivo.

Neubauer et al. (2018), relataram que o pH ruminal e butirato ruminal aumentaram após a primeira semana de uso do aditivo fitogênico em uma dieta rica em concentrado, onde ocorreu melhor captação e absorção dos nutrientes, devido ao butirato atuar no desenvolvimento das papilas. De modo semelhante Rivera-Chacon et al. (2022), observaram redução na proporção acetato: propionato, aumento no pH ruminal e a redução nos índices de acidose subclínica, diante da utilização de aditivo fitogênico em dietas de alto concentrado. Castillo-Lopez et al. (2022), analisaram o efeito da suplementação de um aditivo fitogênico em uma dieta altamente concentrada, e por meio de análise proteômica obtiveram um maior aumento nas proteínas envolvidas com propriedades olfativas, muitas das diferentes proteínas identificadas se correlacionam com bicarbonato salivar, mucinas totais e pH, indicando estimulação da produção salivar e propriedades olfativas. Ainda, de acordo com o mesmo autor, os efeitos ocorrem em nível sistêmico, incluindo indicações sobre a saúde intestinal e resposta imunitária.

Recentemente, Piran-Filho et al. (2021) relataram que o uso de aditivo fitogênico aumentou em 15 kg o peso de carcaça quente comparado a monensina, observando também maior IMS para os fitogênicos, sem ocorrência de dano ao epitélio ruminal e abscessos hepáticos.

Aditivos fitogênicos naturais compreendem uma série de benefícios, em grande parte, os trabalhos relatados na literatura com bovinos de corte são escassos, ainda que possuam resultados muito promissores, porém, seu modo de ação ainda não é muito bem compreendido, carecendo de mais estudos para compreender melhor suas interações com os microrganismos, sistema imune e demais pontos onde ele pode estar atuando.

Nesse sentido, com o intuito de maximizar a eficiência da bovinocultura de corte e intensificar o processo produtivo, a busca por ferramentas que consigam beneficiar tais processos vão além de manejos nutricionais e dietas equilibradas com maiores níveis de inclusão de concentrado. Dito isso, a busca por aditivos modulares da fermentação ruminal, benéficas a outros órgãos e funções metabólicas se torna essencial.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a inclusão de um aditivo fitogênico ou óleos essenciais, e ainda a associação de um aditivo fitogênico e óleos essenciais em comparação com a monensina sódica em dietas com alto teor de concentrado, avaliando seus efeitos no desempenho, características de carcaça, saúde ruminal e qualidade de carne de bovinos Nelores confinados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAKER, J. A., T. L. XU, D. JIN, G. J. CHANG, K. ZHANG, AND X. Z. SHEN. 2017. Lipopolysaccharide derived from the digestive tract provokes oxidative stress in the liver of dairy cows fed a high-grain diet. **J. Dairy sci.** 100:666–678. Doi:10.3168/jds.2016-10871.
- BARDUCCI, R. S. **Suplementação de monensina sódica e/ou anticorpos policlonais em dietas de bovinos jovens confinados.** Dissertação (mestrado em zootecnia), universidade estadual paulista “júlio de mesquita filho” - faculdade de medicina veterinária e zootecnia, botucatu, unesp/fmvz, 2010.
- BAKKALI F, AVERBECK S, AVERBECK D, IDAOMAR M. Biological effects of essential oils--a review. **Food chem toxicol.** 2008 feb;46(2):446-75. Doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106. Epub 2007 sep 29. Pmid: 17996351.
- BLAXTER, K. L. Energy metabolism of ruminants. Springfield: charles c. Thomas, 1962.
- BROWN, M. S., PONCE, C. H., AND PULIKANTI, R. (2006). Adaptation of beef cattle to high-concentrate diets: performance and ruminal metabolism I. **J. Anim. Sci.** 84, e25–e33. Doi: 10.2527/2006.8413\_supple25x
- BROWN, M. S.; MILLEN, D. D. Protocolos para adaptar bovinos confinados a dietas de alto concentrado. In: simpósio internacional de nutrição de ruminantes, 2., 2009, botucatu. Recentes avanços na nutrição de bovinos confinados: **anais...** Botucatu: unesp, faculdade de ciências agrônômicas, 2009. P. 2-22.
- CALSAMIGLIA, S.; BUSQUET, M.; CARDOZO, P.W.; CASTILLEJOS, L.; FERRET, A. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **J. Dairy sci.** 90, 2580–2595, 2007.
- CARSON, C. F.; MEE, B. J.; RILEY, T. V. Mechanism of action of melaleuca alternifolia (tea tree) oil on staphylococcus aureus determined by time-kill, lysis, leakage and salt

tolerance assays and electron microscopy. **Antimicrobial agents and chemotherapy**, v. 46, p. 1914-1920, 2002.

CASTILLO-LOPEZ, EZEQUIAS & PACÍFICO, CÁTIA & SENER-AYDEMIR, ARIFE & HUMMEL, KARIN & NÖBAUER, KATHARINA & RICCI, SARA & RIVERA CHACON, RAUL & REISINGER, NICOLE & RAZZAZI-FAZELI, EBRAHIM & ZEBELI, QENDRIM & KREUZER-REDMER, SUSANNE. (2022). Diet and phytogetic supplementation substantially modulate the salivary proteome in dairy cows. **Journal of proteomics**. 273. 104795. 10.1016/j.jprot.2022.104795.

COOKE, R. F. (2017). Invited paper: nutritional and management considerations for beef cattle experiencing stress-induced inflammation prof. **Anim. Sci.** 33, 1–11. Doi: 10.15232/pas.2016-01573.

DEGANI, H., ELGAVISH, G. A. Ionic permeabilities of membranes. Sodium-23 and lithium-7 nmr studies on ion transport across the membrane of phosphatidylcholine vesicles. **Febs letter**, v. 90, n. 2, p. 357, 1978.

DEMETZOS, C., KATERINOPOULOS, H., KOUVARAKIS, A., STRATIGAKIS, N., LOUKIS, A., EKONOMAKIS, C., SPILLOTIS, V., TSAKNIS, J. Composition, antimicrobial activity of essential oil cistus criticus subsp. Erioccephalus. *Planta médica*. V. 63, p. 477-479, 1997.

DORMAN, H. J., AND S. G. DEANS. 2000. Antimicrobial agentes from plants: antibacterial activity of plant volatile oils. **J. Appl. Microbiol.** 88:308–316. Doi:10.1046/j.1365-2672. 2000. 00969.x

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. **J. Anim. Sci.** 2012, 90, 4583–4592.

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

HIROHIKO, A.; MURATA, H.; HARADA, K.; SUZUKI, M.; OKA, H.; IKAIS, Y.

Improvement of chemical analysis of antibiotics 21. Simultaneous determination of three polyether antibiotics in feeds using high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 42, p. 112-117, 1994.

JANSSEN, A. M., CHIN, N. L., SCHEFFER, J. J. M., BAERHEIM-SVENDSEN, A.

Screening for antimicrobial activity of some essential – **journal animal science**, v. 77, p. 2554-2563, 1986.

KELLY, L.L.; SMITH, D.L.; SNARY, E.L.; JOHNSON, J.A.; HARRIS, A.D.;

WOOLDRIDGE, M.; MORRIS JUNIOR, J.G. 2004. Animal growth promoters: to ban or not to ban? A risk assessment approach. **Journal of antimicrobial** 24:205-212.

KRAUSE, K. M., OETZEL, G. R. Understanding and preventing subacute ruminal

acidosis in dairy herds: review. **Animal feed science and technology**, n. 126, p. 215-236, 2006.

RAUN AP, COOLEY CO, POTTER EL, RATHMACHER RP (1976) effect of monensin on feed efficiency of feedlot cattle. **Journal of animal science** 43, 670—677.

RIVERA-CHACON, R.; CASTILLO-LOPEZ, E.; RICCI, S.; PETRI, R.M.; REISINGER, N.; ZEBELI, Q. Supplementing a phytogetic feed additive modulates the risk of subacute rumen acidosis, rumen fermentation and systemic inflammation in cattle fed acidogenic diets. **Animals** 2022, 12, 1201. <https://doi.org/10.3390/ani12091201>.

ROGERS, J. A.; DAVIS, C. L. Rumen volatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin.

**Journal of dairy science**, v. 65, n. 6, p. 944-952, 1982.

RUSSEL, J. B. A proposed model of monensin action in inhibiting rumen bacterial

growth: effects om ion flux and proton motive force. **Journal animal science**, v. 64, p. 1507-1519, 1987.

SAINI, R. K. ET AL. Characterization of the coronary vasodilator and hemodynamic actions of monensin, a carboxylic ionophore. **Journal of cardiovascular pharmacology**, v. 1, p. 123, 1979.

LAMBERT, R. J. W.; SKANDAMIS, P. N.; COOTE, P.; NYCHAS, G. J. E. A Study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. **Journal of applied microbiology**, v. 91, p. 453-462, 2001.

LIS-BALCHIN, M., DEANS, S. G. Bioactivity of selected plant essential oils against *listeria monocytogenes*. **Journal of applied microbiology**, v.82, p. 759-762, 1997.

LIPPOLIS, K., COOKE, R., SCHUMAHER, T., BRANDAO, A., SILVA, L., SCHUBACH, K., ET AL. (2017). Physiologic, health, and performance responses of beef steers supplemented with an immunomodulatory feed ingredient during feedlot receiving. **J. Anim. Sci.** 95, 4945–4957. Doi: 10.2527/jas2017.1837

MCGUFFEY, R. K. Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook. **Journal of dairy science**, champaign, v. 84, n. 1, p. 194- 203. Jan. 2001.

MESCHIATTI, M. A.; GOUVÊA, V. N.; PELLARIN, L. A.; BATALHA, C. D.; BIEHL, M. V.; ACEDO, T. S.; SANTOS, F. A. Feeding the combination of essential oils and exogenous  $\alpha$ -amylase increases performance and carcass production of finishing beef cattle. **Journal of animal science**. V97, p. 456-471, 2019.

MONENSIN MODE OF ACTION IN THE RUMEN. **JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE**. 58:1518–1527.

STOCK, R. A.; LAUDERT, S. B.; STROUP, W. W.; LARSON, E. M.; PARROTT, J. C.; BRITTON, R. A. Effects of monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. **Journal of animal science**, v. 73, p. 39-44, 1995.

NAGARAJA, T. G. ET AL. Prevention of lactic acid acidosis in cattle by lasalocid or monensin. **Journal animal science**, v. 53, p. 206-216, 1981.

NEUBAUER, ET AL., high-grain diets supplemented with phytogetic compounds or autolyzed yeast modulate ruminal bacterial community and fermentation in dry cows, *J. Dairy sci.* 101 (3) (2018) 2335–2349, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13565>.

ORNAGHI, M. G.; PASSETTI, R. A. C.; TORRECILHAS, J. A.; MOTTIN, C.; VITAL, A. C. P.; GUERRERO, A.; ... PRADO, I. N. Essential oils in the diet of young bulls: effect on animal performance, digestibility, temperament, feeding behaviour and carcass characteristics. *Animal feed science and technology*, 234, 274–283, 2017.

OWENS, F. N. ET AL. Acidosis in cattle: a review. *Journal animal science*, v. 76, p. 275-286, 1998.

SMITH-PALMER, A., J. STEWART, AND L. FYFE. 1998. Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Lett. Appl. Microbiol.* 26:118–122. Doi:10.1046/j.1472-765x.1998.00303.x

PEREIRA, S. C. M. **Efeitos da dosagem de monensina sódica sobre o desempenho produtivo, comportamento ingestivo, saúde ruminal e características de carcaça em bovinos nelore confinados.** Dissertação (mestrado em zootecnia), universidade estadual paulista – campus experimental de dracena/campus de ilha solteira, dracena, unesp/fmvz, 2010.

PIRAN FILHO FA, TURNER TD, MUELLER I AND DANIEL JLP (2021) influence of phytogetic feed additive on performance of feedlot cattle. *Front. Anim. Sci.* 2:767034. Doi: 10.3389/fanim.2021.767034

SCHIEDER, CARINA & STEINER, TOBIAS & FRIEDRICHKEIT, MARTIN. (2014). Effect of phytogetic feed additives on performance parameters and health of bull calves under commercial conditions.

WEI, A., AND T. SHIBAMOTO. 2007. Antioxidant activities and volatile constituents of various essential oils. *J. Agric. Food chem.* 55:1737–1742. Doi:10.1021/jf062959x.

WINDISCH, W., K. SCHEDLE, C. PLITZNER, AND A. KROISMAYR. 2008. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. **Journal of animal science**, 86 (suppl. 14):e140–e148. Doi:10.2527/jas.2007-0459.

YANG, C., M. A. CHOWDHURY, Y. HUO, AND J. GONG. 2015. Phytogetic compounds as alternatives to in-feed antibiotics: potentials and challenges in application. *Pathogens* 4:137–156. Doi:10.3390/pathogens4010137.

## **CAPÍTULO 2**

### **Uso de aditivos fitogênicos em dietas para bovinos de corte confinados**

O artigo a seguir está redigido de acordo com as normas para publicação no periódico *Animal*, exceto o idioma.

## 1. INTRODUÇÃO

Com o contínuo avanço dos sistemas de confinamento no Brasil, especialmente com o aumento na inclusão de concentrados nas dietas (PINTO e MILLEN, 2016), há uma crescente demanda por aditivos nutricionais que possam otimizar a absorção dos nutrientes consumidos. Dessa forma, a pesquisa por novos aditivos nutricionais que possam modular a fermentação ruminal e, conseqüentemente, melhorar o desempenho e o bem-estar dos animais se torna essencial.

Os desafios impostos em se utilizar dietas com maiores concentrações de carboidratos não fibrosos ocasionam desequilíbrios na população da microbiota ruminal e agudas quedas de pH (BARDUCCI, 2010). Tais dietas quando não manejadas corretamente, podem ocasionar possíveis distúrbios metabólicos, tais como, acidose ruminal, laminites, abscessos hepáticos e outros distúrbios que refletem diretamente em quedas no desempenho produtivo, ocasionando em perdas econômicas, tanto ao produtor, quanto em toda cadeia produtiva (KRAUSER e OETZEL, 2006). No entanto, quando manejadas de forma adequada, é possível obter benefícios que culminam em melhor desempenho, acabamento de carcaça, qualidade de carne e proporcionar maior rentabilidade no setor produtivo e operacional, vantagens que sobressaem quaisquer desafios apresentados.

Durante o período inicial do confinamento os animais passam por uma série de desafios, iniciando pelo transporte e protocolo de recepção, sendo efetuado todo processo de vacinação, vermifugação, pesagem e separação dos lotes. Coke (2017) relata que a introdução ao novo ambiente, seguida pela transição alimentar pode prejudicar seu sistema imunológico. Essa série de fatores, aliada a mistura de diferentes animais em um mesmo ambiente, e o baixo consumo no período inicial, aumentam as ocorrências de doenças clínicas e subclínicas, que intensificam a baixa de imunidade (LIPOPOLIS et al. 2017).

Os aditivos alimentares são ferramentas fundamentais que atuam como melhoradores de desempenho e essenciais para manipulação ruminal, na classe dos ionóforos compõem a lasalocida, narasina, salinomicina e um destaque maior para monensina sódica devido aos amplos estudos e benefícios como moduladores da fermentação ruminal e melhoradores de desempenho amplamente documentados na literatura, seguidos pelos aditivos naturais como óleos essenciais e fitogênicos ou fitoterápicos.

Em função da necessidade em explorar novas tecnologias naturais que possibilitem atender demandas do setor produtivo na contínua presença de intensificações e desejos do

consumidor em reduzir o uso de antibióticos, os fitogênicos ou fitoterápicos surgiram buscando tornar o processo produtivo mais eficiente, sustentável e garantindo a segurança alimentar.

Aditivos fitogênicos ou fitoterápicos possuem origem vegetal e são promotores de crescimento naturais, são compostos por derivados de plantas, ervas, óleos essenciais, cascas de árvores e raízes (WINDISCH et al. 2008; YANG et al. 2015). Na literatura é possível encontrar múltiplas atividades terapêuticas, incluindo efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e antimicrobianos, assim como estimulação na produção de secreções gástricas e na ingestão de alimentos (SMITH-PALMER et al., 1988; DORMAN e DEANS, 2000; WEI e SHIBAMOTO, 2007).

Rivera-Chacon et al. (2022) mencionam que com o uso de uma suplementação fitogênica obtiveram redução na proporção acetato: propionato, aumento no pH ruminal e redução nos índices de acidose subclínica em dietas de alto concentrado. De maneira similar Neubauer et al. (2018) observaram após uma semana de uso com suplementação fitogênica, um maior pH ruminal, uma melhor captação e absorção dos nutrientes, fator que relacionaram ao aumento da produção de butirato ruminal, devido ao mesmo atuar no desenvolvimento das papilas.

Durante o período de terminação, utilizar dietas ricas em concentrado elevam o ganho de peso, potencializam a eficiência alimentar e diminuem os custos operacionais, entretanto se não manipuladas corretamente acompanham o risco de distúrbios metabólicos. Owens et al. (1998) relataram que crises de acidose clínicas ou subclínicas podem gerar endotoxinas bacterianas, tal como lipopolissacarídeos ou amidas. Essas levam a uma inflamação e suprimem a atividade antioxidante (ABAKER et al., 2017). Considerando todos os cenários em questão, e por se tratar de um aditivo natural, sem qualquer vínculo com antibióticos, a utilização de aditivos fitogênicos pode promover interesses econômicos ao mercado e benefícios principalmente na saúde e nutrição animal, voltados à maiores níveis na ingestão de matéria seca, melhora nos indicadores de desempenho e saúde ruminal para bovinos em terminação, devido suas propriedades anti-inflamatórias, antioxidantes e antimicrobianas.

Portanto o presente estudo tem por objetivo avaliar a inclusão de um aditivo fitogênico, óleos essenciais ou ainda a associação de um aditivo fitogênico e óleos essenciais em comparação a monensina sódica, em dietas com alto teor de concentrado, avaliando o desempenho, características de carcaça, qualidade de carne e saúde ruminal de bovinos Nelore confinados.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi aprovado conforme as normas da Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA), sob protocolo BR 210508/2021 do *I&AS Beef Center* da DSM Produtos Nutricionais.

### 2.1. Animais e local experimental

O estudo foi conduzido no confinamento do *Innovation & Applied Science Beef Center* (*I&AS Beef Center* – DSM Firmenich, Rio Brilhante – MS), com 224 bovinos machos, não castrados, da raça Nelore, peso vivo inicial (PCI 413,81 kg  $\pm$  9,76), originários do rebanho comercial da Fazenda Caçadinha (Rio Brilhante – MS), recriados em sistema de pastejo contínuo de *Brachiaria Brizantha Marandu*, suplementados desde os três meses de idade, e sendo selecionados ao longo dos anos para deposição de carcaça e precocidade sexual. Cada baia continha 120 m<sup>2</sup> de área, 15 m<sup>2</sup>/animal, seguindo o mínimo recomendado de 9 m<sup>2</sup>/animal, garantindo assim o bem-estar segundo (Manual de Instalações para Confinamento, ASSOCON). As baias continham bebedouros de concreto (40 cm linear/animal) livre acesso para consumo de água *ad libitum*, proveniente de poço artesiano. Já para o consumo de ração, cada baia continha cocho coletivo de 5 metros/linear (62,50 cm/linear/animal). As baias eram delimitadas por cerca de arame liso com mourões de concreto, livres de extremidades pontiagudas e cercas sem pontas de arame, diminuindo o risco de ferir os animais e os colaboradores. Todas as baias possuíam um sombrite de 20 m<sup>2</sup> para fornecimento de sombra, fornecendo 2,5 m<sup>2</sup>/animal, melhorando o bem-estar aos animais. Ainda, cada baia continha uma calçada concretada à frente da linha de cocho, evitando a formação de lama e facilitando o acesso ao cocho pelos animais. Diariamente observava-se o nível da água dos bebedouros e a limpeza dos mesmos era executada em dias alternados.

### 2.2. Delineamento Experimental

Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, distribuídos em 4 tratamentos com 7 repetições, sendo a baia considerada como unidade experimental, utilizando 28 baias e consistindo em 08 animais/baia. Os tratamentos consistiam em:

**Tratamento 1:** Aditivo Monensina Sódica (MON; Rumensin® Elanco, 26 mg/kg MS).

**Tratamento 2:** Aditivo Combinação de um blend de óleos essenciais (CR; CRINA® Ruminants DSM Firmenich, 90 mg/kg MS).

**Tratamento 3:** Aditivo Fitogênico (DG; Digestarom® Prime, BIOMIN Phytogenics GmbH, Alemanha, 90 mg/kg MS).

**Tratamento 4:** Aditivo Combinação de um blend de óleos essenciais CRINA® Ruminants DSM Firmenich, 80 mg/kg MS e Aditivo Fitogênico (DG; Digestarom® Prime, BIOMIN Phytogenics GmbH, Alemanha, 80 mg/kg MS).

### 2.3. Manejo, arraçamento e cuidados com os animais

No período antecedendo a entrada no confinamento os animais foram pesados, vermifugados e vacinados conforme o calendário profilático anual. Os animais foram submetidos a um período de pré-adaptação de 14 dias com objetivo de se adaptarem as instalações, manejo diário e uniformização da população ruminal dos mesmos e permaneceram confinados pelo período total de 101 dias. Para mistura e fornecimento da ração, foi utilizado um vagão misturador horizontal Casale Rotormix com capacidade de 7m<sup>3</sup>. Os aditivos e a ureia foram pesados separadamente em balança de precisão e pré-misturados com milho moído para então, adicioná-los ao vagão misturador com os demais ingredientes. As dietas foram formuladas com base na matéria seca, atendendo as exigências nutricionais segundo o RLM (Software Ração Lucro Máximo). As dietas utilizadas estão apresentadas na tabela 1, sendo compostas por milho moído, bagaço de cana-de-açúcar, farelo de soja, torta de algodão, núcleo mineral-vitamínico, ureia e um dos aditivos que compõem o tratamento. Os núcleos minerais-vitamínicos utilizados foram produzidos na fábrica da DSM Firmenich em Mairinque-SP.

**Tabela 1** – Composição e conteúdo nutricional estimado das dietas fornecidas aos animais durante o período experimental.

<i>Composição, MS<sup>1</sup></i>	<b>Adap. 01</b>	<b>Adap. 02</b>	<b>Adap. 3</b>	<b>Terminação</b>
Bagaço (%)	28,00	20,00	15,00	11,00
Milho Moído (%)	52,00	58,60	63,40	66,95
Torta de Algodão (%)	4,70	-	-	-
Caroço de Algodão (%)	-	8,00	10,60	13,50
Farelo de Soja (%)	11,00	9,00	6,50	4,00
Núcleo <sup>2</sup> (%)	3,30	3,30	3,30	3,30
Uréia pecuária (%)	1,00	1,10	1,20	1,25
<i>Conteúdo Nutricional, MS</i>				
Proteína Bruta (%)	15,30	15,20	14,96	14,6
FDN <sup>3</sup> (%)	29,22	25,26	22,97	21,43
Amido <sup>4</sup> (%)	36,92	41,60	45,01	47,53
NDT <sup>5</sup> (%)	68,20	72,80	75,18	77,10

<sup>1</sup>Dieta com inclusão dos aditivos; <sup>2</sup>Núcleo mineral-vitamínico (DSM Produtos Nutricionais – Brasil): Ca (mín): 153,36 g/kg, Ca (max): 164,00 g/kg, P (mín): 16,00 g/kg, S (mín): 34,00 g/kg, Mg (mín): 19,29 g/kg, K (mín): 33,35 g/kg, Na (mín): 56,00 g/kg, Co (mín): 8,00 mg/kg, Cu (mín): 540,00 mg/kg, Cr (mín): 6,70 mg/kg, I (mín): 27,00 mg/kg, Mn (mín): 1.070,00 mg/kg, Se (mín): 6,70 mg/kg, Zn (mín): 2.000,00 mg/kg, *Saccharomyces cerevisiae*: 1,35X10<sup>11</sup> UFC/kg, Vitamina A (mín): 167.998,00 UI/kg, Vitamina D3 (mín): 17.017,00 UI/kg, Vitamina E (mín): 1.740,00 UI/kg, Biotina (mín): 90,00 mg/kg, F (máx): 160,00 mg/kg, <sup>3</sup>Fibra em Detergente Neutro, <sup>4</sup>Amido estimado pelo programa RLM, <sup>5</sup>Nutrientes Digestíveis Totais estimado pelo programa RLM.

O arraçoamento foi realizado uma vez ao dia e a ração foi fornecida *ad libitum* e submetidas diariamente a ajustes de quantidade com base na quantidade de sobra nos cochos antes da primeira refeição (7:00), preconizando 10% de sobras no período de adaptação e 5% de sobras no período de terminação. O consumo foi mensurado para cada baia por meio da pesagem do alimento fornecido e da pesagem da sobra antes do trato, assim com as diferenças entre o oferecido e a sobra foi calculado o consumo de matéria natural.

A matéria seca da ração foi mensurada diariamente por meio de uma estufa de ventilação forçada a 105°C, por um período de 24 horas, para então ser calculada diariamente a média de ingestão de matéria seca (IMS) de cada baia expressa em quilos e em porcentagem do peso vivo (IMS/PV).

#### **2.4. Desempenho produtivo**

Os animais foram pesados após jejum hídrico e sólido de aproximadamente 16h ao início e final do experimento, no 26º dia de alimentação os animais foram pesados no estado alimentar, sendo descontado 4% do peso aferido, referentes ao conteúdo gastrointestinal. Com base nos pesos aferidos, foram calculados o ganho médio diário (GMD), a conversão alimentar (IMS/GMD) e eficiência alimentar (GMD/IMS), avaliados em dois períodos: d26) compreende o 1º ao 26º dia; Período total) compreende o período total do experimento.

#### **2.5. Padrão de crescimento muscular e adiposo de bovinos Nelore**

O acompanhamento do padrão de crescimento muscular e adiposo dos bovinos foi realizado por meio da ultrassonografia de carcaça, onde os animais foram avaliados ao início e ao final do estudo, buscando verificar o desenvolvimento do tecido adiposo subcutâneo (EGS, mm), a área de olho de lombo (AOL, cm<sup>2</sup>) e o teor de gordura intramuscular (MAR, %) no músculo *Longissimus lumborum* (contrafilé), localizado entre a 12º e 13º costelas, e o desenvolvimento do tecido adiposo da garupa (P8, mm) no músculo *Bíceps femoris* (picanha). As avaliações foram realizadas segundo as normas internacionais da UGC (*Ultrasound*

*Guidelines Councill*, 2014), utilizando-se ultrassom veterinário “ALOKA 500V”, com sonda de 17,2cm/3,50 mgHz e óleo vegetal como acoplante acústico. As imagens foram colhidas por meio do software “BIA PRO PLUS” e analisadas no Laboratório de Imagens da Designer Genes Technologies Brasil (Presidente Prudente – SP) por técnicos certificados pela UGC. Com base nas medidas iniciais e finais obtidas, foram calculadas o ganho de AOL no período (AOL final - AOL inicial, cm<sup>2</sup>), o ganho de EGS no período (EGS final - EGS inicial, mm), o ganho de MAR no período (MAR final - MAR inicial, %) e o ganho de P8 no período (P8 final - P8 inicial, mm).

### **2.6. Avaliação das características e produção de carcaça**

Ao término do experimento os animais foram abatidos em frigorífico comercial, seguindo as normas e métodos de abate humanitário. Ao chegarem ao frigorífico os animais foram alocados em um curral de espera, providos de aspersores de água e bebedouros de água *ad libitum*, onde permaneceram por aproximadamente 16 horas em jejum, visando o esvaziamento do trato gastrointestinal, contados a partir do momento do embarque, a fim de evitar a contaminação da carcaça durante o abate. Após o abate, esfolagem e evisceração, as carcaças foram levadas a câmara fria, onde permaneceram por um período de 24 horas.

O peso de carcaça inicial foi considerado 50% do peso vivo (PCQ inicial, kg), as demais características foram mensuradas no momento do abate; peso de carcaça quente final (PCQ final, kg), rendimento de carcaça (RC; PQC/PVf), ganho diário de carcaça (GMDc, kg/dia), rendimento do ganho (GMDc; GMDc/GMD, %) e a eficiência biológica (IMS/@ produzidas).

### **2.7. Morfologia e histologia das papilas do rúmen**

Após o abate, os animais foram eviscerados e os compartimentos rúmen + retículo foram isolados. Após limpeza e remoção do excesso de tecido conjuntivo circundante, os compartimentos foram abertos, esvaziados, e lavados em água corrente. Um fragmento de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> foi coletado da região do saco cranial do rúmen. Essas amostras foram imediatamente colocadas em frascos contendo solução de tampão fosfato (PBS = 0,79g de NaCl; 0,223g de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>; 0,0524 g de NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; H<sub>2</sub>O qsp 100mL) a 0,1 M e pH 7,4. As amostras foram mantidas por três dias refrigeradas até a realização das mensurações macroscópicas da parede ruminal.

As variáveis morfológicas macroscópicas avaliadas foram: número médio de papilas por cm<sup>2</sup> de parede (NMP), área média das papilas (AMP) e área total de superfície absorptiva por cm<sup>2</sup> de parede (ASA). O NMP em todo fragmento foi mensurado por quatro avaliadores e

o dado final foi o valor médio das quatro contagens realizadas. A ASA foi mensurada através de imagens digitalizadas das papilas e da superfície parietal dos fragmentos coletados através do software computacional ImageJ. Em cada fragmento foi analisado a área da face parietal e a área média de doze papilas selecionadas aleatoriamente da base. A ASA foi calculada pela seguinte fórmula:  $1 + (NMP \cdot AMP) - (NMP \cdot 0,002)$ , onde o número 1 representa o fragmento de 1 cm<sup>2</sup> coletado, e o 0,002 é a área basal estimada de cada papila ruminal (Daniel et al., 2006).

Para avaliação histológica das papilas, foram coletados fragmentos de parede no recesso do saco ventral do rúmen. Essas amostras foram fixadas por 24 horas em líquido de Bouin (Lillie & Fullmer, 1976). Após o período de fixação as amostras foram mantidas em álcool a 70GL até o processamento histológico. As variáveis morfológicas avaliadas microscopicamente foram: análise morfométrica da área média das papilas ruminais, altura, largura, e assim como mensurações das áreas de epitélio total, de queratina, largura sobre epitélio e epitélio sobre queratina do rúmen.

### **2.8. Avaliação da qualidade de carne**

Para determinação da qualidade de carne foram retiradas amostras com medidas de 2,54 cm da porção distal do músculo *Longissimus lumborum* (contrafilé), na altura entre a 12<sup>a</sup> e 13<sup>a</sup> costelas de 3 animais por baía/tratamento, totalizando 90 amostras.

As análises foram realizadas no laboratório de Tecnologia dos Produtos de Origem Animal do Departamento de Economia, Sociologia e Tecnologia – Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP – Botucatu. A força de cisalhamento (FC) das amostras de carne foi determinada seguindo metodologia previamente descrita (SHACKELFORD ET AL., 1999) utilizando as amostras de carne previamente coletadas. Para determinação da FC os bifes foram descongelados em geladeira a 4°C por 24 horas, pesados e assados em forno industrial elétrico até atingir 71°C em seu centro geométrico, monitorados com o auxílio de termopares digitais. Em seguida, quando os bifes atingiram a temperatura ambiente foram novamente pesados para se calcular as PPC. Na determinação da FC foi utilizado texturometro digital Brookfield CT-3 Texture Analyzer (AMETEK Brookfield) equipado com lâmina *Warner-Bratzler Shear Force*. Os bifes assados foram embalados e resfriados em refrigerador doméstico a 4°C. Após 12 horas sob refrigeração, foram então retirados com o auxílio de um vazador, oito cilindros de 12mm no sentido longitudinal as fibras musculares de cada bife para determinação da FC no aparelho Warner-Bratzler. O shearing foi conduzido em cilindros de ½ polegada, retirados da região central da amostra em sentido longitudinal às fibras musculares. Serão feitas de seis a oito medidas por amostra a fim de se obter maior precisão nos resultados obtidos que foram

expressos, neste ensaio, em quilogramas (kg) (WHEELER et al, 1997). As perdas por cocção foram determinadas identificando as amostras do músculo *Longissimos lumborum* e pesando em balanças de precisão e submetendo a cocção em forno elétrico de dupla resistência até atingir a temperatura de 71°C. Após o resfriamento a temperatura ambiente as amostras foram novamente pesadas e por meio da diferença de pesos inicial e final foi calculada a perda de peso por cocção utilizando a metodologia descrita por Honikel (1998).

Para determinação objetiva da cor da carne as amostras foram deixadas expostas por 20 minutos utilizando o sistema CIELab (CIE, 1986), onde L\* é o croma associado a luminosidade (L\*=0 preto, 100 branco), a\* é o croma que varia do verde (-) ao vermelho (+), e b\*, que varia do azul (-) ao amarelo (+). A medida da cor foi realizada em três pontos distintos da amostra, utilizando um espectrofotômetro modelo CM2500d (Konica Minolta Brasil, São Paulo, Brasil), com iluminante padrão D65, ângulo de observação de 10° e abertura do obturador de 30mm. Os valores de cor foram considerados como a média das três leituras.

### **2.9. Análise estatística**

Os dados foram analisados pelo procedimento Proc Mixed do software estatístico SAS® (versão 9.4; SAS Inst. Inc Cary, NC), utilizando delineamento em blocos casualizados totalizando 4 tratamentos com 7 repetições cada, sendo a baía considerada como a unidade experimental do modelo. Antes das análises todos os dados foram testados quanto à normalidade, avaliando o perfil de seus resíduos usando Proc Univariate. Os dados com valores de Shapiro-Wilk  $P \geq 0,05$  foram considerados normais. A validação do modelo para cada variável e para atender aos requisitos de normalidade e homocedasticidade, foi realizada análise de resíduos. Quando o tratamento foi significativo ( $P \leq 0,05$ ) ou tendeu ( $P > 0,05$  e  $\leq 0,10$ ) a afetar as variáveis respostas, foi utilizado Tukey-Kramer para determinar as diferenças significativas entre as médias.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Ingestão de matéria seca e desempenho produtivo

Os resultados de IMS e desempenho produtivo estão apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Efeito dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações na ingestão de matéria seca e no desempenho de bovinos Nelore confinados.

Parâmetros	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>
	MON	DG	CR	CR+DG		
PV inicial, kg	414,12	414,37	413,61	413,15	9,76	0,79
PV d-26kg	461,65 <sup>b</sup>	474,26 <sup>a</sup>	469,92 <sup>ab</sup>	466,25 <sup>ab</sup>	10,93	0,005
PV final, kg	564,27 <sup>b</sup>	581,77 <sup>a</sup>	572,01 <sup>ab</sup>	566,57 <sup>b</sup>	10,37	0,004
GMD d-26 kg	1,83 <sup>b</sup>	2,30 <sup>a</sup>	2,16 <sup>a</sup>	2,04 <sup>ab</sup>	0,11	0,002
GMD, kg	1,49 <sup>b</sup>	1,66 <sup>a</sup>	1,57 <sup>ab</sup>	1,52 <sup>b</sup>	0,03	0,01
IMS d-26 kg	9,18 <sup>c</sup>	10,92 <sup>a</sup>	10,26 <sup>ab</sup>	10,18 <sup>b</sup>	0,27	<,0001
IMS, kg	10,83 <sup>b</sup>	11,95 <sup>a</sup>	11,43 <sup>ab</sup>	11,41 <sup>ab</sup>	0,35	0,008
IMSpv d-26	2,10 <sup>b</sup>	2,46 <sup>a</sup>	2,32 <sup>a</sup>	2,31 <sup>a</sup>	0,04	<,0001
IMSpv	2,21 <sup>b</sup>	2,40 <sup>a</sup>	2,32 <sup>ab</sup>	2,33 <sup>ab</sup>	0,04	0,01
CA d-26 kg/kg	5,10	4,81	4,80	5,04	0,24	0,48
CA, kg/kg	7,29	7,23	7,31	7,51	0,23	0,26
EA d-26 kg/kg	0,199	0,211	0,212	0,200	0,001	0,37
EA, kg/kg	0,138	0,140	0,138	0,134	0,005	0,21

Letras diferentes indicam valores médios significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Tratamentos: MON = monensina sódica (26 mg/kg MS); DG = Digestarom® Prime (90 mg/kg MS); CR = CRINA® Ruminants (90 mg/kg MS); DG+CR = Digestarom® Prime + CRINA® Ruminants (80 e 80 mg/kg MS), respectivamente.

<sup>2</sup> Erro Médio Padrão.

<sup>3</sup> P-valor para o efeito do aditivo alimentar.

DG apresentou maior PV d26 comparado a MON ( $P=0,005$ ), também no período inicial (GMD d26) DG e CR apresentaram maior GMD comparado a MON ( $P=0,002$ ), contudo CR+DG foram semelhantes aos demais tratamentos.

DG apresentou maior IMS tanto no período inicial, quanto no período total, comparado a MON ( $P < 0,01$ ), CR e CR+DG não diferiram dos demais tratamentos.

Avaliando o período inicial, MON apresentou menor IMS dentre os tratamentos ( $P < 0,001$ ), CR não diferiu de DG ou de CR+DG, no entanto DG foi superior a CR+DG. Quando avaliado a IMS<sub>pv</sub> d26 MON apresentou menor consumo, e os demais tratamentos não diferiram entre si ( $p < 0,001$ ), no entanto quando avaliado o IMS<sub>pv</sub> no período total, DG foi superior a MON, enquanto CR e CR+DG por sua vez não diferiram dos demais tratamentos ( $p = 0,01$ ).

O tratamento DG apresentou 17,5 kg a mais no PV final comparado a MON e a CR+DG ( $P = 0,004$ ), no entanto CR não diferiu dos demais aditivos. O maior PV final observado para os animais do tratamento DG foi suportado por um maior GMD no período total de terminação comparado a MON e a CR+DG ( $P = 0,155$  kg/dia) com CR não diferindo dos demais tratamentos;

Os diferentes aditivos alimentares não alteraram os indicadores de eficiência CA e EA, tanto no período inicial quanto no período total ( $p > 0,05$ )

### ***3.2. Característica de carcaça***

Os resultados das características de carcaça estão apresentados na Tabela 3.

Quando avaliada a produção de carcaça, DG apresentou 12 kg a mais de PCQ final e apresentou 0,130 gramas a mais de GMDc comparado a MON ( $P = 0,02$ ), enquanto CR e CR+DG foram semelhantes aos demais tratamentos. Justificando o maior PCQ final, DG apresentou maior GMDc comparado a MON ( $p = 0,02$ ), CR e CR+DG foram semelhantes tanto a DG quanto a MON. RC, rendimento do ganho e eficiência biológica não foram influenciadas pelos aditivos ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 3** - Efeitos de aditivos alimentares e suas combinações nas características de carcaça de bovinos Nelore confinados

Parâmetros	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>
	MON	DG	CR	CR+DG		
PCQ inicial, kg	203,70	203,70	203,73	203,75	0,48	0,80
PCQ Final, kg	326,16 <sup>b</sup>	338,88 <sup>a</sup>	332,98 <sup>ab</sup>	331,32 <sup>ab</sup>	6,51	0,02
GMDc, kg	1,21 <sup>b</sup>	1,34 <sup>a</sup>	1,28 <sup>ab</sup>	1,26 <sup>ab</sup>	0,07	0,02
RC, %	57,81	58,24	58,21	58,46	0,25	0,36
Rendimento de ganho, %	81,56	80,67	81,99	83,14	4,23	0,59
Eficiência Biológica, IMS/15kg carcaça produzida	135,02	135,03	135,03	137,15	4,21	0,78

Letras diferentes indicam valores médios significativamente diferentes ( $P < 0.05$ )

<sup>1</sup>Tratamentos: MON = monensina sódica (26 mg/kg MS); DG = Digestarom® Prime (90 mg/kg MS); CR = CRINA® Ruminants (90 mg/kg MS); DG+CR = Digestarom® Prime + CRINA® Ruminants (80 e 80 mg/kg MS), respectivamente.

<sup>2</sup>Erro Médio Padrão

<sup>3</sup>P-valor para o efeito do aditivo alimentar.

### 3.3. Padrão de crescimento do tecido muscular e adiposo

Os resultados de ultrassonografia de carcaça estão apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4** – Efeito dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações no padrão de crescimento muscular e adiposo de bovinos Nelore confinados.

Parâmetros	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>
	MON	DG	CR	CR+DG		
AOL inicial, cm <sup>2</sup>	64,75	64,69	63,68	64,37	1,03	0,86
AOL final, cm <sup>2</sup>	95,40	96,03	93,62	93,87	1,45	0,39
Ganho de AOL, cm <sup>2</sup>	30,65	31,34	29,94	29,50	1,32	0,75
EGS inicial, mm	2,72	2,78	2,77	2,59	0,07	0,25
EGS final, mm	5,38	5,73	5,21	5,35	0,19	0,28
Ganho de EGS, mm	2,66	2,95	2,44	2,76	0,16	0,20
P8 inicial, mm	4,23	4,13	3,96	3,95	0,13	0,26
P8 final, mm	8,40	8,74	7,85	7,86	0,28	0,10
Ganho de P8, mm	4,17	4,61	3,90	3,91	0,28	0,26
Marmoreio Inicial	2,51	2,52	2,49	2,54	0,06	0,95
Marmoreio Final	2,51	2,45	2,42	2,36	0,07	0,52
Ganho de marmoreio	0,01	-0,07	-0,07	-0,18	0,07	0,31

Letras diferentes indicam valores médios significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>Tratamentos: MON = monensina sódica (26 mg/kg MS); DG = Digestarom® Prime (90 mg/kg MS); CR = CRINA® Ruminants (90 mg/kg MS); DG+CR = Digestarom® Prime + CRINA® Ruminants (80 e 80 mg/kg MS), respectivamente.

<sup>2</sup>Erro Médio Padrão

<sup>3</sup> P-valor para o efeito do aditivo alimentar.

As características avaliadas por ultrassonografia não foram influenciadas pelos diferentes tratamentos ( $p < 0,05$ ), exceto a espessura de gordura na garupa final (P8 final, mm), que apresentou tendência ( $p = 0,10$ ) em ser superior para DG.

### 3.4. Características da qualidade da carne

Os resultados na qualidade da carne estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5** - Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações na qualidade da carne de bovinos Nelore confinados.

Parâmetros	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>
	MON	DG	CR	CR+DG		
pH	6,31	6,03	5,96	6,08	0,12	0,21
Força de cisalhamento, kg	5,77	6,70	6,45	7,06	0,45	0,27
Perdas por gotejamento, %	2,90	3,41	3,03	3,12	0,41	0,84
Perdas por evaporação, %	26,92 <sup>a</sup>	25,81 <sup>ab</sup>	22,81 <sup>b</sup>	24,09 <sup>ab</sup>	1,06	0,06
Perdas Totais, %	29,82	29,22	25,83	27,21	1,20	0,11
Capacidade de Retenção de Água, %	37,31	40,49	42,63	39,46	1,62	0,17
L* <sup>4</sup>	25,50	26,20	26,43	25,35	0,67	0,52
a* <sup>5</sup>	11,12	11,68	12,22	12,01	0,51	0,44
b* <sup>6</sup>	3,30	3,52	3,87	3,66	0,29	0,57
Hue <sup>7</sup>	16,16	16,18	17,37	16,43	0,71	0,60
Chroma <sup>8</sup>	11,61	12,22	12,82	12,56	0,57	0,45

Letras diferentes indicam valores médios significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Tratamentos: MON = monensina sódica (26 mg/kg MS); DG = Digestarom® Prime (90 mg/kg MS); CR = CRINA® Ruminants (90 mg/kg MS); DG+CR = Digestarom® Prime + CRINA® Ruminants (80 e 80 mg/kg MS), respectivamente.

<sup>2</sup>Erro Médio Padrão

<sup>3</sup> P-valor para o efeito do aditivo alimentar.

<sup>4</sup> L\*: Luminosidade

<sup>5</sup> a\*: Intensidade de vermelho

<sup>6</sup> b\*: Intensidade de amarelo

<sup>7</sup> Hue

<sup>8</sup> Chroma

O pH da carne e a força de cisalhamento não foram influenciados pela utilização dos diferentes aditivos alimentares ( $p > 0,05$ ). Características relacionadas a coloração da carne bem como à capacidade de retenção de água também não foram influenciadas pela utilização de diferentes aditivos ( $p > 0,05$ ), exceto as perdas por evaporação que tenderam ( $p = 0,06$ ), a ser maiores para MON comparado ao CR, enquanto DG e CR+DG foram intermediários e semelhantes aos demais tratamentos.

### 3.5. Morfometria Ruminal

Os resultados da morfometria ruminal, variáveis microscópicas estão apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6** - Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações nas variáveis microscópicas na morfometria ruminal de bovinos Nelore confinados.

Parâmetros	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>
	MON	DG	CR	CR+DG		
Altura média das papilas, cm	1,21	1,10	1,26	1,25	0,08	0,45
Largura, mm	6,11	4,97	5,22	5,27	0,05	0,52
Epitélio, $\mu\text{m}$	59,81	61,68	55,41	55,14	3,26	0,36
Queratina, $\mu\text{m}$	8,36	8,12	9,16	8,93	0,59	0,58
Largura: Epitélio	10,23	8,13	8,41	9,83	0,91	0,30
Epitélio: Queratina	6,82	7,58	6,20	6,23	0,37	0,05

Letras diferentes indicam valores médios significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Tratamentos: MON = monensina sódica (26 mg/kg MS); DG = Digestarom® Prime (90 mg/kg MS); CR = CRINA® Ruminants (90 mg/kg MS); DG+CR = Digestarom® Prime + CRINA® Ruminants (80 e 80 mg/kg MS), respectivamente.

<sup>2</sup>Erro Médio Padrão

<sup>3</sup> P-valor para o efeito do aditivo alimentar.

No geral as variáveis microscópicas não foram afetadas pelos aditivos, no entanto a relação epitélio: queratina foi significativa para o tratamento DG ( $P=0,05$ ).

Os resultados da morfometria ruminal, variáveis macroscópicas estão apresentadas na Tabela 7.

**Tabela 7** - Efeitos dos diferentes aditivos alimentares e suas combinações nas variáveis macroscópicas na morfometria ruminal de bovinos Nelore confinados

Parâmetros	Tratamentos <sup>1</sup>				EPM <sup>2</sup>	P-valor <sup>3</sup>
	MON	DG	CR	CR+DG		
Área média de papilas	0,33	0,25	0,29	0,36	0,03	0,09
Número médio de papilas, n	59,64	59,11	54,43	53,44	3,08	0,39
ASA, cm <sup>2</sup>	34,07 <sup>a</sup>	23,74 <sup>b</sup>	25,58 <sup>ab</sup>	32,06 <sup>ab</sup>	2,94	0,05

Letras diferentes indicam valores médios significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ).

<sup>1</sup>Tratamentos: MON = monensina sódica (26 mg/kg MS); DG = Digestarom® Prime (90 mg/kg MS); CR = CRINA® Ruminants (90 mg/kg MS); DG+CR = Digestarom® Prime + CRINA® Ruminants (80 e 80 mg/kg MS), respectivamente.

<sup>2</sup>Erro Médio Padrão

<sup>3</sup> P-valor para o efeito do aditivo alimentar.

A utilização dos diferentes aditivos alimentares não influenciaram na altura média das papilas, largura média das papilas e número médio das papilas ( $P>0,05$ ). No entanto, os animais alimentados com MON apresentaram maior área de superfície absorviva ( $P<0,05$ ) comparado a DG, mas CR e CR+DG não diferiram dos demais tratamentos, numericamente CR+DG apresentou maior área média de papilas.

#### 4. DISCUSSÃO

A hipótese do presente estudo é que a suplementação com aditivo fitogênico resultaria em melhor integridade do epitélio ruminal e melhor desempenho, por possuir propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas que podem melhorar a integridade do epitélio do trato gastrointestinal, proporcionando melhor saúde ruminal, maior ganho de peso e de carcaça, além de explorar seus efeitos na qualidade da carne.

Em razão de serem misturas exclusivas de ervas, especiarias, blends de óleos essenciais e outros extratos derivados de plantas e raízes, os fitogênicos percorrem grandes desafios,

devido a sua complexibilidade em combinar efeitos benéficos entre seus elementos fitoquímicos e a padronização de seus extratos naturais. Por se tratar de produtos naturais com compostos fitoquímicos voláteis e não voláteis, sua eficácia pode ser afetada de acordo com sua origem geográfica, maturidade fisiológica, intempéries climáticas e outros fatores que dificultam a sua padronização (CHRYSGYRIS et al., 2020).

O aditivo fitogênico utilizado em nosso estudo continha uma mistura exclusiva de compostos naturais, dentre elas, misturas exclusivas de ervas, especiarias e alguns óleos essenciais que compõem o alcaçuz, alcarávia e/ou cominho, baunilha e canela. O alcaçuz contém, entre outros compostos vegetais secundários, triterpenóides e flavonóides, que possuem propriedades anti-inflamatórias e antimicrobianas (RAMOS MORALES et al., 2018). Também, de acordo com Bachinger et al. (2019) melhoram a integridade intestinal quando exposto ao estresse inflamatório, devido a melhora das proteínas de junção estreita. A alcarávia atua como um espasmolítico e é descrita como moduladora de distúrbios digestivos (RUNJAIC-ANTIC et al., 2010). Kaki et al. (2013) relataram que cordeiros obtiveram uma maior ingestão de matéria seca e ganho médio diário, ao mesmo tempo em que reduziram os marcadores de estresse oxidativos quando receberam suplementação que continha adição de 30 gramas de alcarávia/kg de MS. O óleo essencial de canela contém cinemaldeído e outros compostos que possuem propriedades antimicrobianas e antioxidantes, sendo que o mesmo modifica a fermentação microbiana no rúmen e pode melhorar a utilização dos ingredientes (BIONDO et al., 2017; CHAVES et al., 2008; PATRA e YU, 2012; PATRA, 2011). O extrato de baunilha é corriqueiramente citado com a associação à palatabilidade, demonstrando impacto positivo na palatabilidade da ração (HARPER et al., 2016).

Em nosso trabalho, no período inicial referente ao 26º dia os animais alimentados com aditivo fitogênico (DG), blend de óleos essenciais (CR) e fitogênico + blend de óleos essenciais (DG + CR) obtiveram maior ingestão de matéria seca que aqueles alimentados com MON, sendo a diferença mais proeminente para o uso isolado de DG (IMS 18,95% superior a MON). A maior ingestão de matéria seca apresentado por DG no período inicial refletiu em maior GMD e PV 26d comparado a MON. Segundo Coke (2017) os desafios impostos ao período inicial são os mais desafiadores, englobando uma série de fatores como o transporte, introdução a um novo ambiente e transição alimentar, podendo afetar de forma significativa o sistema imunológico desses animais. É reconhecido o potencial da monensina sódica em melhorar a eficiência alimentar, contudo ela também limita a ingestão de matéria seca (DUFFIEL et al., 2012). Em bovinos recém-chegados nos confinamentos a ocorrência de doenças clínicas, subclínicas e a queda da imunidade é agravada pelo baixo consumo inicial, sendo assim, a utilização de

aditivos que não limitem a ingestão de matéria seca e nutrientes, como os óleos essenciais e os fitogênicos, é benéfica para essa fase na qual as taxas de morbidade são maiores. Considerando o período total de confinamento, os animais do tratamento DG sustentaram maior IMS comparados a MON, refletindo em maior PV final e maior PCQ; contudo a IMS para os animais alimentados com óleos essenciais e/ou óleos essenciais associados a fitogênicos não diferiram dos tratamentos DG e MON. Observando o consumo, notamos que o tratamento Digestarom® Prime representou tanto no período inicial quanto no período total, proporcionando desta maneira 17,5 kg de peso vivo e 12,72 kg de carcaça a mais que o tratamento suplementado com monensina e não diferindo a eficiência alimentar e biológica.

Piran-Filho et al. (2021) comparando a inclusão de aditivo fitogênico com dieta sem inclusão de aditivos, sugerem que, o maior desempenho se dá em favor da maior IMS, refletindo em maior ingestão de energia, principalmente de amido. Segundo os mesmos autores, pode ser que os animais alimentados com aditivos fitogênicos tiveram maior capacidade para lidar com os efeitos adversos das fermentações na integridade intestinal, sem impactar negativamente o bem-estar animal. Já Ornaghi et al. (2017) relataram que touros alimentados com uma dieta de alto concentrado (79% de milho triturado; base MS) com 0, 3,5 e 7,0 g/d de óleo essencial de cravo ou canela apresentaram maior IMS e GMD, sem afetar a EA, assim como observado em nosso estudo. Meschiatti et al. (2019) comparando a inclusão de monensina sódica ou de um blend de óleos essenciais (BEO) semelhante ao do tratamento CR, na dieta de bovinos nelore confinados com alto concentrado, observaram maior IMS para o BEO, contudo a EA e o GMD foram semelhantes, ainda que numericamente o GMD de BEO tenha sido superior, corroborando com os resultados encontrados em nosso estudo. O menor desempenho observado para a associação CR+DG, comparado ao uso exclusivo de DG pode ser explicado pela maior dosagem de aditivo e maior efeito na modulação da fermentação ruminal (CALSAMIGLIA S et al., 2007), onde doses elevadas de aditivo podem suprimir a fermentação ruminal, aumentando o tempo de retenção da digesta e reduzindo a IMS.

Dentre os efeitos dos aditivos fitogênicos, Castillo-Lopez et al. (2022) avaliando o proteoma salivar de vacas holandesas suplementadas ou não com aditivo fitogênico encontraram maior abundância de proteínas relacionadas com propriedades olfativas, bem como proteínas relacionadas à atividade de salivação, secreção de bicarbonato salivar, mucinas totais e pH salivar, ainda que as variáveis de metabolismo ruminal não tenham sido mensuradas pelos autores e o conteúdo salivar não foi alterado pelo aditivo, as alterações a nível de abundância de proteínas nos possibilita explorar de que modo os fitogênicos podem auxiliar no controle de acidose ruminal subclínica por meio de alterações na atividade de salivação.

A ausência de efeitos dos aditivos em alterar os indicadores de eficiência (EA, CA e Eficiência Biológica) podem estar atrelados a capacidade deles em alterar a dinâmica de fermentação ruminal e/ou captação e utilização dos nutrientes. Meschiatti et al. (2019) reportaram maior digestibilidade de proteína para animais alimentados com BEO, comparado a monensina sódica, contudo, a digestibilidade dos demais nutrientes não se alterou, bem como a energia líquida de ganho (Mcal/kg MS) de ambos os tratamentos. Sendo assim, os resultados obtidos ao longo do experimento nos mostram que a suplementação com o Digestarom® Prime atuou positivamente no consumo e ganhos durante o período inicial e final do confinamento, sendo o período inicial apontado como crítico devido seu maior nível de estresse, reforçando seus possíveis efeitos benéficos sobre a provável superioridade em atuar com os desafios de uma maior ingestão de amido e maiores níveis de fermentações, sem ocorrer impactos negativos durante esses processos, assim como redução nos quadros inflamatórios e de estresse inicial.

Além das propriedades antimicrobianas e anti-inflamatórias que possuem grande impacto para fração produtiva, a propriedade antioxidante possui uma alta relevância nas características que afetam a qualidade de carne e nas características de carcaça. Na literatura, De Oliveira Monteschio et al. (2017) apontaram que a suplementação de novilhas confinadas com eugenol, timol e vanila não afetou as características da carcaça. Assim como Yang et al. (2010) que buscou suplementar novilhos em terminação com diferentes concentrações dietéticas de cinamaldeído (fitogênico), não obtendo diferenças entre elas.

Assim como em nosso trabalho, Piran-Filho et al. (2021) também relataram ganhos significativos em PCQ com o uso de aditivo fitogênico, os mesmos relataram que, o grupo suplementado com fitogênicos obtiveram maior IMS e um aumento de 15 kg no PCQ quando comparados com o grupo MON, observando também uma maior IMS para os fitogênicos, sem ocorrer dano ao epitélio ruminal e abscessos hepáticos.

Silva et al. (2019) relataram que não encontraram diferença para as variáveis de Chroma, pH, perdas por cocção e força de cisalhamento quando testaram óleos essenciais contra diferentes dosagens de MON ou MON + VM. Rivaroli et al. (2020) também avaliaram diferentes dosagens de blend de óleos essenciais em bovinos terminados em confinamento e não encontraram diferença para pH, perdas por cocção e composição química da carne.

Ornaghi et al. (2017) relataram que as porcentagens de músculo, gordura e osso e a AOL dos touros de engorda não diferiram entre aqueles que receberam óleos essenciais de cravo ou canela. Isso nos leva a buscar maiores estudos, já que os dados sobre o impacto dos fitogênicos na característica de carcaça e na qualidade da carne são escassos, principalmente estudos

relacionados a suplementação de bovinos confinados somente com óleos essenciais ou a sua combinação com compostos vegetais secundários como aditivos fitogênicos.

O aumento da oferta de substrato no rúmen resulta em um incremento na atividade de fermentação microbiana, levando a um aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), e, para não desencadear quadros de acidose ou outros distúrbios por acúmulo excessivo desses ácidos, é essencial que a taxa de absorção desses ácidos seja alta (BARKER et al., 1995). Compreendemos então que avaliar todas as características que englobam o ambiente ruminal e diretamente relacionadas com a absorção de AGCC são de grande relevância, tais como: área média de papilas, número médio de papilas, altura e largura média das papilas e área total de superfície absorptiva (MELO et al., 2013).

Segundo Calsamiglia et al. (2007) o desempenho animal pode ser maximizado incluindo combinações de OE na dieta, isso proveniente das atividades antimicrobianas dos compostos existentes nos OE. A melhora no desempenho e produção de carcaça deste trabalho pode ser explicada devido ao aumento de produção de propionato, já que a amido é um dos principais precursores do propionato no rúmen, assim ele também é responsável por promover crescimento ativo das papilas ruminais (COSTA et al., 2008).

Brand et al. (2019) levanta uma questão interessante, relatando que a eficácia de um aditivo fitogênico pode depender do nível do estresse em que o animal está exposto. Yang et al. (2010) reforça essa análise quando realizaram a suplementação de novilhos em terminação com diferentes níveis de cinamaldeído, onde obtiveram maior IMS quando comparados ao grupo controle, e um aumento linear de G: F apenas nos 28 primeiros dias, período qual os animais passam pelo maior desafio.

Nossos resultados morfológicos de rúmen não conversam com os resultados obtidos por Niehues (2023) e Silva et al. (2023), que utilizando uma suplementação de BEO obtiveram maiores valores de ASA quando comparados ao grupo controle MON.

Watanabe et al. (2021) apontam que a ASA do rúmen é comprometida quando existem casos de rumenite, levando a menor absorção dos AGCC e causando redução na ASA. Os dados obtidos em nosso estudo foi possível observar que os tratamentos suplementados com fitogênicos e blend de óleos essenciais obtiveram menor ASA quando comparados ao grupo controle que apresentaram diferença significativa, isso nos remete a questionar que mesmo com ASA menor, por provável ocorrência de processos inflamatórios os grupos suplementados com fitogênicos e blend de óleos essenciais conseguiram lidar com as maiores quantidades de AGCC produzidas e com as prováveis inflamações, não afetando negativamente o desempenho desses animais neste trabalho.

## 5. CONCLUSÃO

A alimentação de bovinos Nelores confinados com um aditivo fitogênico específico , melhora o desempenho produtivo incluindo peso vivo e peso de carcaça quente sem afetar a eficiência alimentar;

A inclusão somente do aditivo fitogênico ou dos óleos essenciais ou ainda a combinação do aditivo fitogênico e dos óleos essenciais não afetaram negativamente a saúde ruminal, porém, a alimentação com a monensina resultou em maior área de superfície absorptiva das papilas ruminais;

Características como qualidade de carne e padrão de crescimento muscular e adiposo não apresentaram diferença entre os aditivos avaliados;

Desta forma, o tratamento com aditivos fitogênicos é uma alternativa viável para substituição da monensina sódica em dietas com alto teor de concentrado na alimentação de bovinos Nelore confinados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAKER, J. A., T. L. XU, D. JIN, G. J. CHANG, K. ZHANG, AND X. Z. SHEN. 2017. Lipopolysaccharide derived from the digestive tract provokes oxidative stress in the liver of dairy cows fed a high-grain diet. **J. Dairy sci.** 100:666–678. Doi:10.3168/jds.2016-10871.

AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (AMSA). Research guidelines for cookery, sensory evaluation and tenderness measurements of fresh meat. Natl. Live stock and meat board, chicago, il, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS – aoac. Official methods of analyses. 13 ed. Washington, d.c. 1985. 1141p.

BACHINGER, D., MAYER, E., KASCHUBEK, T., SCHIEDER, C., KÖNIG, J., AND TEICHMANN, K. (2019). Influence of phytochemicals on recovery of the barrier function of intestinal porcine epithelial cells after a calcium switch. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** 103, 210–220. Doi: 10.1111/jpn.12997.

BARKER, I. K.; VAN DREUMEL, A. A.; PALMER, N. The alimentary system. In: jubb, k. V. F.; kennedy, p. C.; palmer, n. (ed.). **Pathology of domestic animals**. 4. Ed. San diego: academic, 1995. V. 2, p. 2-203.

BIGHAM ML, MCMANUS WR (1975) whole wheat grain feeding of lambs. Effects of roughage and wheat grain mixtures. **Australian journal of agricultural research** 26, 1053—1062.

BRINK, D. R.; LOWRY, S. R.; STOCK, R. A.; PARROT, J. C. Severity of liver abscesses and efficiency of feed utilization of feedlot cattle. **Journal of animal science**, [s. L.], 1990.

BROWN, M. S.; MILLEN, D. D. Protocolos para adaptar bovinos confinados a dietas de alto concentrado. In: simpósio internacional de nutrição de ruminantes, 2., 2009, botucatu.

Recentes avanços na nutrição de bovinos confinados: **anais...** Botucatu: unesp, faculdade de ciências agronômicas, 2009. P. 2-22.

CALSAMIGLIA S, BUSQUET M, CARDOZO PW, CASTILLEJOS L, FERRET A. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. **J dairy sci.** 2007 jun;90(6):2580-95. Doi: 10.3168/jds.2006-644. Pmid: 17517698.

CASTILLO-LOPEZ, EZEQUIAS & PACÍFICO, CÁTIA & SENER-AYDEMIR, ARIFE & HUMMEL, KARIN & NÖBAUER, KATHARINA & RICCI, SARA & RIVERA CHACON, RAUL & REISINGER, NICOLE & RAZZAZI-FAZELI, EBRAHIM & ZEBELI, QENDRIM & KREUZER-REDMER, SUSANNE. (2022). Diet and phytogetic supplementation substantially modulate the salivary proteome in dairy cows. **Journal of proteomics.** 273. 104795. 10.1016/j.jprot.2022.104795.

CERVIERI, R. C.; CARVALHO, J. C. F.; MARTINS, C. L. Evolução do manejo nutricional nos confinamentos brasileiros: importância da utilização de subprodutos da agroindústria em dietas de maior inclusão de concentrado. In: simpósio internacional de nutrição de ruminantes, 2., 2009, botucatu. **Anais...** Botucatu: unesp, faculdade de ciências agronômicas, 2009. P. 2-22.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE - CIE. Colorimetry: official recommendations of the international commission on illumination. Cie publication, vienna, n. 15.2, 1986.

CHRYSARGYRIS, A., MIKALLOU, M., PETROPOULOS, S., AND TZORTZAKIS, N. (2020). Profiling of essential oils components and polyphenols for their antioxidant activity of medicinal and aromatic plants grown in different environmental conditions. *Agronomy* 10, 727–755. Doi: 10.3390/agronomy10050727.

DANIEL JLP, RESENDE JÚNIOR JC, CRUZ FJ (2006) participação do ruminoretículo e omaso na superfície absorptiva total do proventrículo de bovinos. **Brazilian journal of veterinary research and animal science** 43, 688—694.

DORMAN, H. J., AND S. G. DEANS. 2000. Antimicrobial agentes from plants:

antibacterial activity of plant volatile oils. **J. Appl. Microbiol.** 88:308–316.

Doi:10.1046/j.1365-2672. 2000. 00969.x

RAMOS-MORALES, E., G. ROSSI, M. CATTIN, E. JONES, R. BRAGANCA, AND C. J. NEWBOLD. 2018. The effect of na isoflavonid-rich liquorice extract on fermentation, methanogenesis and the microbiome in the rumen simulation technique. *Fems microbiol. Ecol.* 94:1–11. Doi:10.1093/femsec/fiy009

RESENDE JÚNIOR JC, ALONSO LS, PEREIRA MN, MAGALLANES MGR, DUBOC MG, OLIVEIRA EC, MELO LQ (2006) effect of the feeding pattern on rúmen wall morphology of cows and sheep. **Brazilian journal of veterinary research and animal science** 43, 526—536.

FOX DG, TEDESCHI LO, TYLUTKI TP, RUSSELL JB, VAN AMBURGH ME, CHASE LE, PELL AN, OVERTON TR (2004) the cornell net carbohydrate and protein system model for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. **Animal feed science and technology** 112, 29—78.

HARPER, M. T., J. OH, F. GIALLONGO, J. C. LOPES, H. L. WEEKS, J. FAUGERON, AND A. N. Hristov. 2016. Preference for flavored concentrate premixes by dairy cows. **J. Dairy sci.** 99:6585–6589. Doi:10.3168/jds.2016-11001.

HIROHIKO, A.; MURATA, H.; HARADA, K.; SUZUKI, M.; OKA, H.; IKAIS, Y. Improvement of chemical analysis of antibiotics 21. Simultaneous determination of three polyether antibiotics in feeds using high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 42, p. 112-117, 1994.

HONIKEL, K. O. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat science, barking*, v. 49, n. 4, p. 447-457, 1998 lofgreen, g. P.; garret, w. N. A system for expressing net energy requeriments and feed values for growing and finishing beef cattle. **J. Anim. Sci.** 27:793-806, 1968.

KAKI, S., MOEINI, M., HOZHABRI, F., AND NIKOUSEFAT, Z. (2018). The use of crushed caraway (*carum carvi*) and black seed (*nigella sativa*) additives on growth performance, antioxidant status, serum components and physiological responses of sanjabi lambs. *Iran. J. Appl. Anim. Sci.* 8, 439–444.

MELO LQ, COSTA SF, LOPES F, GUERREIRO MC, ARMENTANO LE, PEREIRA MN. Rumen morphometrics and the effect of digesta pH and volume on volatile fatty acid absorption. *J anim sci.* (2013) 91:1775–83. Doi: 10.2527/jas.2011-4999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 6. Ed. Washington: national academy, 1984.

NIEHUES, MARIA. **Combinações de óleos essenciais,  $\alpha$ -amilase e 25-hydroxivitamina d3 no desempenho e características de carcaça de bovinos f1 angus-nelore confinados.** 2023. Tese (doutorado) - universidade estadual paulista “júlio de mesquita filho” faculdade de medicina veterinária e zootecnia programa de pós-graduação em zootecnia, [s. L.], 2022. Disponível em:  
<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/1e8dd8ec-3f51-440f-8500-80075dc48f3e/content>.

ROGERS, J. A.; DAVIS, C. L. Rumen volatile fatty acid production and nutrient utilization in steers fed a diet supplemented with sodium bicarbonate and monensin. **Journal of dairy science**, v. 65, n. 6, p. 944-952, 1982.

RUNJAIC-ANTIC, D., PAVKOV, S., AND LEVIC, J. (2010). Herbs in a sustainable animal nutrition. *Biotechnol. Anim. Husbandry* 26, 203–214. Doi: 10.2298/bah1004203r

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

KONONOFF, P. J., HEINRICHS, A. J. & BUCKMASTER, D. R. Modification of the penn state forage and total mixed ration particle separator and the effects of moisture content on its measurements. *J. Dairy sci.* **86**, 1858–1863 (2003). Schelling, g. 1984.

MONENSIN MODE OF ACTION IN THE RUMEN. **JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE**. 58:1518–1527.

STOCK, R. A.; LAUDERT, S. B.; STROUP, W. W.; LARSON, E. M.; PARROTT, J. C.; BRITTON, R. A. Effects of monensin and monensin and tylosin combination on feed intake variation of feedlot steers. **Journal of animal science**, v. 73, p. 39-44, 1995.

NEUBAUER, ET AL., high-grain diets supplemented with phytogetic compounds or autolyzed yeast modulate ruminal bacterial community and fermentation in dry cows, **j. Dairy sci.** 101 (3) (2018) 2335–2349, <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13565>.

SILVA TIS, SOUZA JM, ACEDO TS, CARVALHO VV, PERDIGÃO A, SILVA LAF, SILVESTRE AM, NIEHUES MB, SCHLEIFER WF, CASALI DM, MARTINS CL, ARRIGONI MDB AND MILLEN DD (2023) feedlot performance, rumen and cecum morphometrics of nellore cattle fed increasing levels of diet starch containing a blend of essential oils and amylase or monensin. **Front. Vet. Sci.** 10:1090097. Doi: 10.3389/fvets.2023.1090097

SMITH-PALMER, A., J. STEWART, AND L. FYFE. 1998. Antimicrobial properties of plant essential oils and essences against five important food-borne pathogens. *Lett. Appl. Microbiol.* 26:118–122. Doi:10.1046/j.1472-765x.1998.00303.x

TASSILO BRAND, MARTIN HÜNERBERG, TIM A MCALLISTER, MAOLONG HE, ATEF M SALEEM, YIZHAO SHEN, BRYAN MILLER, WENZHU YANG, impact of a phytogetic feed additive on growth performance, feed intake, and carcass traits of finishing steers, **translational animal science**, volume 3, issue 4, july 2019, pages 1162–1172, <https://doi.org/10.1093/tas/txz109>.

PATRA, A.K. effects of essential oils on rumen fermentation, microbial ecology and ruminant production. *Asian j. Anim. Vet. Adv.* 2011, 6, 416–428.

PIRAN FILHO FA, TURNER TD, MUELLER I AND DANIEL JLP (2021) influence of phytogetic feed additive on performance of feedlot cattle. **Front. Anim. Sci.** 2:767034.

Doi: 10.3389/fanim.2021.767034

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Symposium: carboydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **J. Dairy sci.**

74(10):3583-3597, 1991.

WATANABE, D. H. M.; BERTOLDI, G. P.; SANTOS, A. A.; SILVA FILHO, W. I.; OLIVEIRA, L. F. R.; PINTO, A. C. J.; MILLEN, D. D. Growth performance and rumen morphometrics of nellore and ½ angus/nellore feedlot cattle adapted over 9 and 14 days to high-concentrate diets. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, 2021.

Doi:10.1111/jpn.13542.

WEI, A., AND T. SHIBAMOTO. 2007. Antioxidant activities and volatile constituents of various essential oils. **J. Agric. Food chem.** 55:1737–1742. Doi:10.1021/jf062959x.

WINDISCH, W., K. SCHEDLE, C. PLITZNER, AND A. KROISMAYR. 2008. Use of phytogetic products as feed additives for swine and poultry. **Journal of animal science**, 86 (suppl. 14):e140–e148. Doi:10.2527/jas.2007-0459.

WHEELER, T. L. ET AL. Standardizing collection and interpretation of warnerbratzler shear force and sensory tenderness data. Proceedings of the reciprocal meat conference, savoy, v. 50, p. 68-77, 1997.

YANG, W. Z., B. N. AMETAJ, C. BENCHAAR, M. L. HE, AND K. A.

BEAUCHEMIN. 2010. Cinnamaldehyde in feedlot cattle diets: intake, growth performance, carcass characteristics, and blood metabolites. **J. Anim. Sci.** 88:1082–1092.

Doi:10.2527/jas.2008-1608.

YANG, C., M. A. CHOWDHURY, Y. HUO, AND J. GONG. 2015. Phytogetic compounds as alternatives to in-feed antibiotics: potentials and challenges in application.

*Pathogens* 4:137–156. Doi:10.3390/pathogens4010137.

ZINN, R. A.; SHEN, Y. 1998. An evaluation of ruminally degradable intake protein and metabolizable amino acid requirements of feedlot calves. **J. Anim. Sci.** 76:1280-128.

### **CAPÍTULO 3**

## IMPLICAÇÕES

Com a exigência de uma pecuária cada dia mais intensiva, a busca por alternativas sustentáveis, seguras e rentáveis se torna um pré-requisito no momento de buscar novos aditivos. Os aditivos alimentares fitogênicos por possuírem atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e antimicrobianas, melhoraram a modulação ruminal, imunidade, saúde ruminal, saúde intestinal e de outros órgãos. Logo, aditivos que não possuem origem natural, e que estão sendo utilizados atualmente, podem não estar mais disponíveis em um futuro próximo, reforçando a necessidade de se encontrar alternativas naturais que possam promover efeitos benéficos não apenas aos animais, mas também levando ao consumidor final um produto livre de resíduos.

Os resultados obtidos com esse trabalho nos mostram que a suplementação com o Digestarom® Prime atuou de forma positiva durante todo o período do confinamento, principalmente no período inicial considerado crítico devido a abruptas mudanças de ambiente, aclimatação, interações, mudança alimentar e entre outras características que reforçam tais desafios enfrentados, com isso, foi possível observar seus efeitos benéficos sobre a redução de prováveis quadros de estresse agudos e inflamatórios.

Os fitogênicos são produtos naturais com uma gama de atividades terapêuticas e devido a serem extratos de misturas exclusivas de ervas, especiarias, óleos essenciais e outros extratos de plantas, os aditivos fitogênicos passam por dois grandes desafios, a complexibilidade em combinar os efeitos entre seus elementos fitoquímicos e a padronização nos extratos naturais. Por serem produtos naturais, acabam passando por intempéries climáticas, diferentes tipos de solos e outras influências regionais que dificultam a padronização na obtenção desses extratos.

Ainda são escassos os trabalhos encontrados na literatura de como os fitogênicos atuam de forma sistêmica em bovinos de cortes, embora os trabalhos encontrados nos mostrem resultados promissores, o que torna necessário a aplicação de novos estudos envolvendo esses aditivos naturais.