



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

**ESTRATÉGIAS DE SUPLEMENTAÇÃO EM BOVINOS COMO ALTERNATIVA
PARA MITIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO POR FERMENTAÇÃO
RUMINAL**

Yasmin Gonçalves da Silva de Souza

Dourados - MS

Maio - 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

**ESTRATÉGIAS DE SUPLEMENTAÇÃO EM BOVINOS COMO ALTERNATIVA
PARA MITIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO POR FERMENTAÇÃO
RUMINAL**

Acadêmico: Yasmin Gonçalves da Silva de Souza

Orientador: Prof. Dr. Rafael Henrique de Tonissi e
Buschinelli de Goes

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências para obtenção do grau de Bacharel em Zootecnia

Dourados - MS

Maio - 2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S729e Souza, Yasmin Goncalves Da Silva De
ESTRATÉGIAS DE SUPLEMENTAÇÃO EM BOVINOS COMO ALTERNATIVA PARA
MITIGAÇÃO DA PRODUÇÃO DE METANO POR FERMENTAÇÃO RUMINAL [recurso
eletrônico] / Yasmin Goncalves Da Silva De Souza. -- 2023.
Arquivo em formato pdf.

Orientador: Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes.
Coorientadora: Fernanda Naiara Fogaça da Cruz.
TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2023.
Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:
<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

I. Suplementação. 2. Metano. 3. Fermentação. I. Goes, Rafael Henrique De Tonissi E
Buschinelli De. II. Cruz, Fernanda Naiara Fogaça Da. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Estratégias de suplementação em bovinos como alternativa para mitigação da produção de metano por fermentação ruminal.

AUTOR: Yasmin Gonçalves da Silva de Souza

ORIENTADOR: Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em **ZOOTECNIA** pela comissão examinadora.

Documento assinado digitalmente
 **RAFAEL HENRIQUE DE TONISSI E BUSCHINE**
Data: 15/05/2023 13:47:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli de Goes
(Orientador)

Documento assinado digitalmente
 **ANA CAROLINA AMORIM ORRICO**
Data: 22/05/2023 09:41:22-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Ana Carolina Amorim Orrico

Documento assinado digitalmente
 **EDUARDO LUCAS TERRA PEIXOTO**
Data: 15/05/2023 13:33:43-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Eduardo Lucas Terra Peixoto

Data de realização: 04 de maio de 2023

Documento assinado digitalmente
 **RODRIGO GAROFALLO GARCIA**
Data: 24/05/2023 09:20:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Garófallo Garcia
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

DEDICATÓRIA

Dedico aqueles que onde quer que estejam, sempre serão minha força interior. Querido pai, (in memoriam) Renato de Souza Pereira. Homem que fazia “linha dura” quanto ao meu desempenho escolar, que sempre se esforçou para que não me faltasse o material de estudo, e que sabia me divertir e alegrar quando eu precisava apenas me distrair.

Amada avó, (in memoriam) Marizete Pereira da Silva.

Que tanto me amou, cuidou e que nunca mediu esforços para ver a minha felicidade. Sei que se orgulharia deste momento tão importante.

Este trabalho também é dedicado para a minha versão do passado Para aquela criança que sempre sonhou em entrar em uma universidade, e que nunca enxergou outro caminho para a sua vida que não fosse o do estudo. E que hoje, teria a convicção que de todas as escolhas já feitas, a que ela não se arrependeria, é essa... encarar a jornada em busca do conhecimento, para ter um futuro melhor!

AGRADECIMENTOS

A persistência e força que me foi concedida, que não permitiram que eu desistisse dos meus ideais, independentemente de qualquer circunstância vivida.

A minha mãe, Marcela Gonçalves, por todo o suporte fornecido, principalmente no início da graduação, onde me deu apoio financeiro e não permitiu que minhas dúvidas e inseguranças atrapalhassem o meu desejo de conseguir o meu diploma. As minhas irmãs, Taynara Silva, pelos momentos de descontração e Mariely Silva, por todo o amor, carinho e abraços diários que por muitos dias, foram os únicos motivos para seguir em frente.

Aos amigos e companheiros de experimento, Calebe Corcino, indivíduo teimoso e barulhento, dono de uma inteligência admirável, um coração imenso e de palavras que confortam nos momentos difíceis. E Thalison Marques, este que também é teimoso e que será brilhante em sua carreira. Que me acompanhou na rotina acadêmica, esteve presente em experiências incríveis e que me ampara quando as coisas se complicam. Você me motiva sempre a ser uma pessoa melhor.

A minha melhor amiga Lavínya Rodrigues, mulher forte, extremamente criativa, com um amor indescritível pelos animais e que esteve comigo em toda a jornada da graduação, dando apoio em tantos momentos, que jamais esquecerei. A sua amizade é um dos bens mais preciosos que pude receber durante esses anos.

Aos “Perdidos da GD”, Michelly Almeida, minha dupla oficial de provas, trabalhos e conversas sobre animes. Jonathan Antônio, responsável por tantos momentos divertidos e caóticos e Heloísa Melo, querida olhos de jabuticaba. As demais pessoas especiais que convivi durante a graduação. Especialmente aos amigos Henryque Vieira, Luan Porto, Ariérison Oliveira, Alexandra Oliveira e Mariana Cardoso.

Ao grupo PET/ZOOTECNIA, que constantemente me desafiou a ser melhor, tanto nas atividades desenvolvidas quanto como integrante de um grupo tão diverso, com pessoas que me acompanharam em experiências únicas. Especialmente a Letícia Garcia, minha doce amiga, companheira de viagem e braço direito em todos esses anos de petiana.

Ao grupo NERU, por me receber e pela oportunidade de conhecer mais sobre a área que desejo trabalhar. Por me colocar em contato com minha querida “fazendinha” e com a rotina de laboratório, permitindo que eu pudesse ter noção dos diferentes caminhos que poderei seguir profissionalmente.

Ao meu grande orientador Dr. Rafael Henrique de Tonissi e Buschinelli Goes, por todas as conversas, brincadeiras e ensinamentos durante esses anos. Pelo suporte fornecido durante a realização do experimento e por toda a paciência quando as coisas não saiam como o esperado. Que a força esteja com você!

A todos os professores da graduação, que em grande maioria, cumpriram com excelência o papel de ensinar e me motivar a seguir a carreira de Zootecnista. Em especial, para a professora Dra. Ana Carolina Amorim Orrico, a qual me inspiro e tomo como exemplo, agradeço pelas conversas importantes, brincadeiras e por toda a orientação na elaboração deste trabalho. Ao professor Dr. Rodrigo Garófallo Garcia, primeiro professor a enxergar potencial em minhas ações e responsável por grande parte do meu desenvolvimento nesta universidade. Professor Jefferson Gandra e Camda® pelo fornecimento dos suplementos.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	V
AGRADECIMENTOS	VI
SUMÁRIO.....	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VIII
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	X
RESUMO	XI
ABSTRACT	XII
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
1. Metano (CH₄).....	3
2. Nutrição a pasto e a produção de metano	4
3. Suplementação como estratégia de mitigação	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
1. Descrição do local, animais e tratamentos utilizados.....	8
2. Disponibilidade e qualidade da forragem	9
3. Fermentação ruminal	10
4. Análise e estatísticas	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	11
5. CONCLUSÃO.....	17
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparação entre as emissões de CH ₄ e o aumento do rebanho bovino	04
Figura 2. Relação entre as concentrações dos ácidos acético, propiônico e lático e pH ruminal.....	05
Figura 3. Gráfico do comportamento da variação do pH após a suplementação	14
Figura 4. Gráfico de comportamento das concentrações de N-NH ₃ após a suplementação.....	15
Figura 5. Gráfico de comportamento do rendimento de CH ₄ antes e após 4 horas da suplementação.....	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação dos suplementos alimentares utilizados na alimentação de bovinos.....	06
Tabela 2. Quantidade recomendada pelo fabricante do fornecimento dos suplementos.....	09
Tabela 3 Caracterização dos suplementos utilizados	09
Tabela 4. Dados quantitativos e qualitativos referentes as condições da pastagem.....	11
Tabela 5. Parâmetros de fermentação dos suplementos experimentais	13

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIEC – Associação Brasileira da Indústrias e Exportadores de Carne

AGCC - ácidos graxos de cadeia curta

CH₄ – Metano

CO₂ – Dióxido de carbono

FDN - Fibra em detergente neutro

FDA - Fibra em detergente ácido

GEE - Gases do efeito estufa

H₂ - Hidrogênio

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

MS - Matéria Seca

N-NH₃ - Nitrogênio amoniacal

NDT - Nutrientes digestíveis

PB - Proteína Bruta

SP – Suplemento

SEEG- Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

RESUMO

A bovinocultura de corte brasileira possui destaque mundial diante de sua expressiva produtividade. O cenário atual, discute como a atividade contribui para a elevação da emissão de gases do efeito estufa, como o metano. Esta preocupação, atinge o mercado consumidor, que exige uma produção que minimize os impactos ambientais. Deste modo, o experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar os parâmetros de fermentação ruminal de bovinos mantidos a pasto, utilizando diferentes estratégias suplementares para a mitigação do metano. Foram utilizados cinco (5) bovinos mestiços, com peso médio de 520 Kg, providos de cânulas ruminais permanentes, sendo distribuídos aleatoriamente em delineamento de quadrado latino (5x5). Os animais foram mantidos em piquetes individuais em pastagem de *Urochloa brizantha*, cv. Marandu (*Syn Brachiaria*), recebendo a suplementação diariamente no período matutino, seguindo as quantidades (%PV) indicadas no rótulo do produto (SP1=0,04; SP2=0,08; SP3=0,13; SP4=0,25; SP5=0,11). No total, o experimento foi segmentado em cinco períodos com 12 dias de duração, com a realização da coleta do líquido ruminal no 11º dia, para avaliação do pH, N-NH₃ e determinação da concentração dos ácidos graxos de cadeia curta, que serviram para estimar a produção de metano entérico seguindo a metodologia de Moss et al. (2000), onde calculou a geração de CH₄ com base nas proporções de ácido acético, propiônico, e butirico, utilizando a seguinte equação: $CH_4 = 0,45 (C2) - 0,275 (C3) + 0,4 (C4)$. Os dados obtidos foram submetidos ao SAS (Version 9.1.3, SAS Institute, Cary, NC 2004), verificando a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias pelo PROC UNIVARIATE. Os suplementos experimentais não apresentaram resultados significativos para pH (P = 0,132), N-NH₃ (P = 0,927) e para a produção de metano (P= 0,148). Entretanto, houve resultados significativos quando consideramos o tempo após a suplementação para as variáveis pH (P = 0.004) e N-NH₃ (P = 0.026), indicando interação com a microbiota ruminal, a qual provocou reduções na produção de ácido acético (P= 0.002). Os suplementos com maiores teores de NDT, são os mais indicados para a estratégia de mitigação do metano entérico.

Palavras-chave: suplementação, metano, fermentação.

ABSTRACT

The Brazilian beef cattle industry has world prominence due to its expressive productivity. The current scenario discusses how the activity contributes to the increase in the emission of greenhouse gases, such as methane. This concern affects the consumer market, which demands production that minimizes environmental impacts. Thus, the experiment was carried out with the objective of evaluating the ruminal fermentation parameters of cattle kept on pasture, using different supplementary strategies for methane mitigation. Five (5) crossbred cattle, with an average weight of 520 kg, equipped with permanent ruminal cannulas, were randomly distributed in a Latin square design (5x5). The animals were kept in individual paddocks in *Urochloa brizantha*, cv. Marandu (Syn *Brachiaria*), receiving daily supplementation in the morning, following the amounts (% BW) indicated on the product label (SP1=0.04; SP2=0.08; SP3=0.13; SP4=0.25 ; SP5=0.11). In total, the experiment was segmented into five periods lasting 12 days, with the collection of ruminal fluid on the 11th day, for evaluation of pH, N-NH₃ and determination of the concentration of short-chain fatty acids, which served as to estimate enteric methane production following the methodology of Moss et al. (2000), where he calculated the generation of CH₄ based on the proportions of acetic, propionic, and butyric acid, using the following equation: $CH_4 = 0.45 (C_2) - 0.275 (C_3) + 0.4 (C_4)$. The data obtained were submitted to SAS (Version 9.1.3, SAS Institute, Cary, NC 2004), checking the normality of the residues and the homogeneity of the variances by PROC UNIVARIATE. The experimental supplements did not show significant results for pH (P = 0.132), N-NH₃ (P = 0.927) and for methane production (P = 0.148). However, there were significant results when we consider the time after supplementation for the variables pH (P = 0.004) and N-NH₃ (P = 0.026), indicating interaction with the ruminal microbiota, which caused reductions in the production of acetic acid (P= 0.002). Supplements with higher NDT contents are the most suitable for the enteric methane mitigation strategy.

Keywords: supplementation, methane, fermentation.

1. INTRODUÇÃO

A pecuária de corte é uma das atividades mais tradicionais e de grande destaque que se desenvolve no território brasileiro. Somente no ano de 2021, o setor da bovinocultura de corte, foi responsável pela movimentação de mais de 900 bilhões de reais, considerando as diversas negociações da cadeia produtiva, como a aquisição de insumos, melhoria nas condições sanitárias, nutricionais e genéticas do rebanho, além de exportações e vendas no mercado interno (ABIEC, 2022).

Dados do Beef Report com relação ao ano de 2021, apontam que o Brasil foi responsável pela criação de 196,47 milhões de cabeças bovinas, colocando o país na segunda posição no ranking mundial de produção de carne. Deste total, cerca de 9 milhões de toneladas carcaça equivalente, representaram o volume de carne produzida, da qual 74,49% foi comercializada no mercado interno e 25,51% foi exportada para países como China, Estados Unidos, Hong Kong, Egito e Chile, sendo estes, os maiores importadores da carne brasileira (ABIEC, 2022).

O sucesso em produção é obtido diante das condições ótimas apresentadas pelo país, com disponibilidade de mão-de-obra, recursos naturais e clima propício para o desenvolvimento de plantas forrageiras adaptadas as diversas regiões produtivas. O cenário atual, indica que a bovinocultura de corte brasileira possui como principal fonte de alimento para os animais, as pastagens, determinando assim seus sistemas de produção. Os bovinos, sendo ruminantes, conseguem converter alimentos fibrosos em proteína de qualidade sob baixos custos de produção, garantindo assim que a atividade atinja uma economia de escala e alto potencial de competitividade internacional.

Apesar da grande atratividade gerada pelos resultados, anualmente o setor é alvo de duras críticas relacionadas aos impactos provocados ao meio ambiente, com ênfase na intensa liberação de gases que potencializam o efeito estufa, como é o caso do metano (CH₄), produzido durante os processos fermentativos ruminais. Dados apresentados pelo Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG) (2022), indicam que a agropecuária foi responsável por 24,8% das emissões de gases do efeito estufa (GEE) totais no Brasil, sendo o CH₄ o principal deles, chegando a 69,5% das emissões.

Desta porcentagem, 63,7% teve origem da fermentação entérica, originada em maior proporção na bovinocultura de corte (86,8%). Os prejuízos relacionados a produção de metano não se restringem apenas as implicações climáticas, mas também na queda no desempenho dos

animais, pois durante o processo de formação deste gás, há consideráveis perdas em energia bruta, esta que em outro momento seria direcionada para a produção de proteína animal.

Diante da atual conjuntura, surge a necessidade de adoção de práticas viáveis que promovam a mitigação do metano, visando atender:

1. As exigências do mercado consumidor, que por sua vez, mostra-se preocupado com o processo de produção e os impactos gerados pelo alimento adquirido;
2. As especulações da comunidade internacional, em conformidade com os acordos firmados, como o Compromisso Global do Metano, estabelecido durante a realização da COP26, onde cerca de 122 países, incluindo o Brasil, aceitaram a missão de reduzir as emissões de CH₄ em 30% com relação aos dados de 2020, até o ano de 2030;
3. A otimização da eficiência energética dos animais para melhoria da produtividade nas fazendas produtoras de gado.

Considerando os aspectos produtivos e as opções estudadas como práticas de mitigação, o manejo nutricional torna-se ferramenta importante neste processo, quando possibilita a melhoria na qualidade do alimento ofertado aos animais e modulação dos produtos da fermentação. A dieta dos ruminantes é a variável de maior importância no processo da metanogênese de tal modo que a manipulação desta, surte efeitos significativos na geração deste gás. Patino et al (2010) descrevem sobre a produção de metano em função do aumento do consumo de matéria seca, onde dietas mais concentradas a base de grãos resultaram em um rendimento de 27 g/Kg de MS consumida, contra 34 g/Kg de MS, de dietas a base de forragens tropicais.

Dentre as práticas estudadas, a suplementação de bovinos a pasto é uma estratégia nutricional que contempla as características desejadas para a mitigação do gás metano, visto que alimentos concentrados podem proporcionar melhor ingestão de nutrientes e modificações nos padrões fermentativos, havendo então potencial redução na produção total de CH₄ (emissões absolutas, g/d) ou na intensidade de CH₄ (g/kg de carne) (Beauchemin et al. 2022). Deste modo, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os parâmetros da fermentação ruminal de bovinos mantidos a pasto, e suplementados com diferentes estratégias alimentares para mitigação do gás de efeito estufa metano.

2. REVISÃO DE LITERATURA

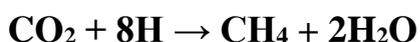
1. Metano (CH₄)

O metano, é um importante gás de efeito estufa, gerado através dos processos fermentativos dos animais ruminantes. Seu impacto é considerado na comunidade científica, diante do seu alto potencial para o aquecimento global. Em parâmetros de comparação com o dióxido de carbono (CO₂) (este o principal gás de efeito estufa), o metano apresenta superioridade de 28 vezes no potencial de aquecimento (Aldhafeeri et al. 2020). Apesar da grande preocupação relacionada a sua capacidade de retenção de calor, que agrava os efeitos das mudanças climáticas, o CH₄ possui curto ciclo de vida, apresentando durabilidade de aproximadamente 12 anos na atmosfera terrestre (UNEP, 2021). Essa característica pode ser observada como uma oportunidade ao setor da agropecuária, haja visto que através das práticas de mitigação, poderá obter a curto prazo, resultados significativos na manutenção da temperatura terrestre (SEEG, 2022).

A metanogênese, ocorre durante os processos digestivos dos animais ruminantes sob condições de anaerobiose, mediada pela ação de microrganismos metanogênicos, como as bactérias *Archaeas*, fungos e protozoários ciliados (Góis et al. 2019). No rúmen, os alimentos ingeridos são colonizados por diversos grupos de microrganismos, e através da liberação de enzimas, promovem a redução das partículas, caracterizando então um mecanismo fermentativo. Os principais produtos da fermentação são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), em maior predominância os ácidos acético, propiônico e butírico; amônia (N-NH₃); e também CO₂ e hidrogênio (H₂), precursores para a produção de metano (citação?).

O acúmulo de íons H⁺ pode ser prejudicial ao funcionamento e estabilidade do ambiente ruminal, visto que provoca a acidificação do meio, afetando a sobrevivência e o desenvolvimento de grande parte da microbiota existente, que possui melhor performance sob faixa de pH entre 5,5 e 7,0 (Zotti & Paulino, 2009). Além de estar relacionado com a inativação do sistema enzimático necessário para a reoxidação do NADH, causando ineficiência nos processos de geração de energia. Assim, para que o rúmen bovino tenha plena atividade, há necessidade de dreno do H₂, por meio da metanogênese (Berchielli, 2012).

A formação do CH₄ entérico foi esquematizada por Araújo (2011) com a reação:



Isso ocorre quando o ecossistema microbiano metanogênico realiza a captura dos íons

H⁺ livres no rúmen, e promove a redução do CO₂ (Pirola, 2022). Kumar et al. (2009) relata que há fatores que afetam a produção de metano nos bovinos, dentre eles: o pH, onde a faixa para ótima produção encontra-se entre 7,0 a 7,2, mas podendo haver maior variação, com pH entre 6,6 a 7,6; a proporção de AGCC gerada nos processos fermentativos, aspectos nutricionais a qual o rebanho está submetido e as características intrínsecas ao animal (sexo, categoria, idade).

2. Nutrição a pasto e a produção de metano

Os números expressivos da produção de carne no Brasil, são resultados de um intenso trabalho que proporciona uma ampliação contínua do rebanho nacional. Segundo a Embrapa, aproximadamente 95% do gado é produzido em sistema de pastagens, estes são responsáveis pela ocupação de uma área de 163 milhões de hectares, representando uma taxa de ocupação de 1,2 cab/ha ou lotação de 0,9 UA/ha (ABIEC, 2022). O comportamento de produzir animais em condições de pastagens é uma das alternativas mais competitivas e rentáveis de exploração do fator produtivo terra (Berchielli et al. 2006).

Apesar das vantagens produtivas já descritas, existe uma grande relação entre a quantidade de CH₄ emitido e o crescimento populacional do rebanho (Figura 1).

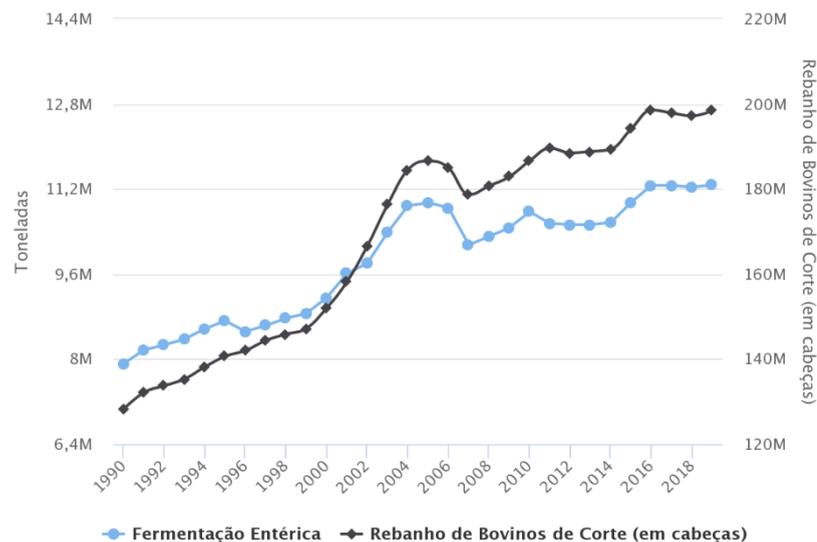


Figura 1. Comparação entre as emissões de CH₄ e o aumento do rebanho bovino. (SEEG, 2022)

A nutrição de bovinos a pasto, estabelece uma dinâmica de fermentação resultando na produção de alguns AGCC que podem beneficiar diretamente a rota da metanogênese através do fornecimento dos substratos necessários para a produção do metano. Isso acontece por conta da maior proporção de carboidratos fibrosos que as dietas com alta inclusão de

volumosos proporciona, favorecendo a ação de microrganismos fibrolíticos/celulolíticos, que resultam em maior produção de acetato e butirato (Figura 2), responsáveis diretos pela liberação líquida de H_2 e CO_2 para o meio ruminal (Carrega et al. 2017). Fatores como o pH do rúmen e a qualidade do capim também estão associados a contribuição do aumento das concentrações de acetato e conseqüentemente, a produção de metano.

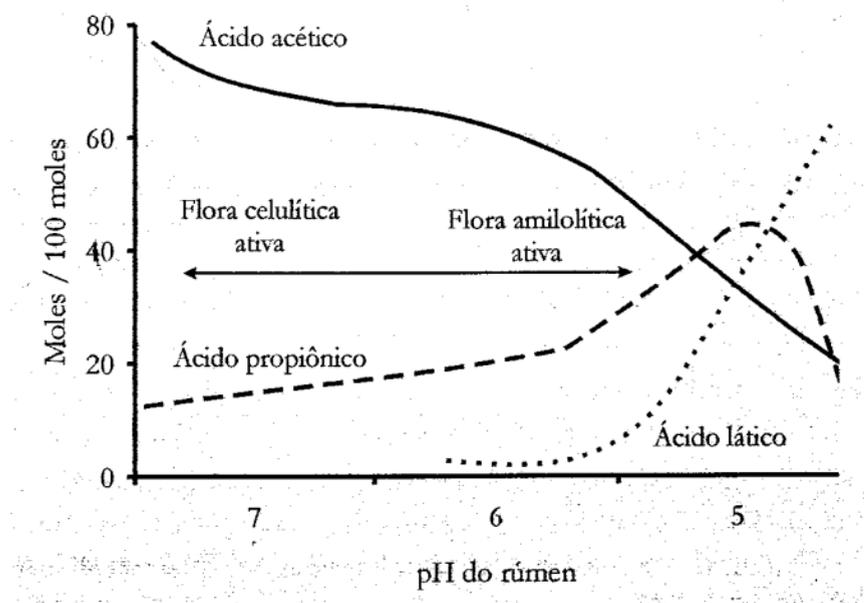


Figura 2. Relação entre as concentrações dos ácidos acético, propiônico, e láctico e pH ruminal. (Berchielli et al. 2006)

O pH ruminal em animais ingerindo exclusivamente volumosos fica entre 6,3 e 7,1 (Ortoloni et al. 2021), deste modo, o desenvolvimento da microbiota celulolítica e metanogênica é assegurado, pois estas não são resistentes a acidez excessiva. O consumo de forragem possibilita que o animal realize a ingestão de altas quantidades de fibra fisicamente efetiva, esta que é responsável por estimular a mastigação e a produção de saliva contendo o bicarbonato, que realizará a neutralização do excesso de ácidos oriundos da fermentação (Souza et al. 2010).

Do ponto de vista qualitativo, os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) nas gramíneas são fatores determinantes sobre a digestibilidade, estes estarão condicionados ao tipo da planta, estágio de maturidade e manejo. De modo geral, os capins tropicais apresentam maiores teores de fibras quando comparados aos capins de clima temperado, que possuem maiores teores de carboidratos solúveis. Essa diferença pode ser superior quando a pastagem não recebe manejo adequado, e os animais consomem a

forragem em estágio de crescimento avançado. Assim, a melhora na digestibilidade da forragem disponível está diretamente associada a redução da proporção de acetato ruminal, além de promover melhoria no desempenho dos animais reduzindo também a intensidade de CH₄ emitido (Beauchemin et al. 2022).

3. Suplementação como estratégia de mitigação

Para que uma estratégia de mitigação seja considerada viável na produção animal, é necessário que esta tenha aplicabilidade na propriedade e apresente custo-benefício adequado ao sistema produtivo. A suplementação de bovinos a pasto é uma prática nutricional já consolidada na pecuária nacional, caracterizada pelo fornecimento de uma mistura de ingredientes e aditivos, visando a melhoria no balanço nutricional dos animais (MAPA, 2009), e que também pode ser utilizada estrategicamente como ferramenta para mitigação de GEE. A Tabela 1 reúne os tipos de suplementos que são utilizados no Brasil e que possuem regulamentação pelos órgãos competentes. Das opções apresentadas, os suplementos que se enquadram na importância de potencial mitigador, são os que fornecem energia e proteína, uma vez que atendem a demanda dos microrganismos e alteram as condições do ambiente ruminal.

Tabela 1. Classificação dos suplementos alimentares utilizados na alimentação de bovinos

Suplemento	Características
Mineral	Composto por macro e/ou micro elemento mineral, podendo apresentar, no produto final, um valor menor que quarenta e dois por cento de equivalente proteico.
Mineral com ureia	Composto por macro e/ou micro elemento mineral e, no mínimo, quarenta e dois por cento de equivalente proteico.
Mineral proteico	Composto por macro e/ou micro elemento mineral, com pelo menos vinte por cento de proteína bruta (PB) e fornecer, no mínimo, trinta gramas de proteína bruta (PB) por cem quilos de peso corporal.
Mineral proteico-energético	Composto por macro e/ou micro elemento mineral, com pelo menos vinte por cento de proteína bruta, fornecer, no mínimo, trinta gramas de proteína bruta e cem gramas de nutrientes digestíveis totais (NDT) por cem quilos de peso corporal.

Fonte: instrução normativa 12/2004, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA).

Segundo Berchielli et al. (2012), a utilização de suplementos concentrados na dieta de bovinos de corte, pode estar associada com a melhoria na eficiência energética do animal, em decorrência da redução da perda direta em energia bruta provocada pela produção de metano,

que pode variar de 2% a 12% (Millen et al. 2016). O manejo nutricional incluindo alimentos concentrados proporciona alterações da relação acetato:propionato, promovendo decréscimo da mesma, sendo resultado da modificação da fermentação ruminal (Carvalho, 2019), onde a inclusão de carboidratos solúveis, beneficia a atividade de bactérias amilolíticas, que aumentam as proporções molares de propionato.

A relação entre o aumento das concentrações de propionato e a queda na produção de metano é descrita por Oliveira (2017), que relata a formação desse ácido graxo de cadeia curta, podendo ser observado que para a sua síntese há reações consumidoras de íons H^+ disponíveis no ambiente ruminal, assim sendo uma via metabólica concorrente para a metanogênese que também assimila H_2 durante sua produção. Porém, os estudos revelam que alterações significativas na produção de metano só foram adquiridas quando o nível de concentrado na dieta esteve acima de 80% (Sun et al. 2022). Nessas condições além do aumento das concentrações de propionato, ocorreria também a redução das bactérias metanogênicas em decorrência da queda do pH.

Entretanto, quando Moate et al. (2020) trabalharam com vacas leiteiras em uma dieta com proporções de 45:55 de volumoso para concentrado, pode ser observado diferença no rendimento de metano das vacas tratadas com concentrado a base de grão de trigo (11,10 g de CH_4 / Kg MS) quando comparado a produção de metano a partir da fermentação de animais alimentados com concentrado a base de milho (19,50 g de CH_4 / Kg MS). A diferença obtida nesse resultado, pode ter relação com as características de degradabilidade do alimento, uma vez que a taxa de degradação do trigo é superior ao milho (McDonnell et al. 2017).

Além da inclusão de fontes concentradas, o uso de probióticos na suplementação também está aliado a maior proliferação de bactérias produtoras do ácido propiônico. Segundo Islam & Lee (2019), a manipulação do ecossistema do rúmen por meio de microrganismos vivos, resultam em melhorias na fermentação ruminal e eficiência alimentar, sendo então uma possibilidade para a mitigação do gás metano. Uma condição apontada como importante em vias alternativas na síntese desse AGCC (como a via do succinato), encontra-se na atividade enzimática de bactérias do gênero *Enterococcus*, responsáveis pela redução do fumarato a succinato, possibilitando a conversão deste intermediário em propionato (Kim et al. 2016).

Apesar da baixa disponibilidade de estudos relacionando a utilização de leveduras na suplementação com a mitigação de metano, alguns autores mencionam sua capacidade de estimular grupos de bactérias fibrolíticas como as acetogênicas, no rúmen, sendo estas

competidoras de H₂ com as bactérias metanogênicas (Fabian, 2017).

A influência da suplementação vai além da alteração de AGCC's de importância no processo de metanogênese. A prática concilia a mitigação de CH₄ com melhorias na lucratividade, quando resulta em maior incremento no ganho médio diário, maior produção de @/ha, e antecipação no acabamento dos animais, assim, atendendo demandas por precocidade e produtividade (Thiago & Silva, 2006). Deste modo, espera-se reduzir as quantidades de metano emitidas em relação a quantidade de carne produzida e também no ciclo de produção do animal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

1. Descrição do local, animais e tratamentos utilizados

O ensaio experimental de campo foi realizado no setor de Nutrição de Ruminantes da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), no período de transição secas-águas entre os meses de setembro a novembro de 2021. As demais análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), conforme recomendações do Comitê de Ética da Universidade Federal da Grande Dourados (protocolo de aprovação: 023/2015 CEUA / UFGD).

Foram utilizados cinco (5) bovinos mestiços, com peso médio de 520 Kg, providos de cânulas ruminais permanentes, sendo distribuídos aleatoriamente em delineamento de quadrado latino (5x5). Os animais foram mantidos em piquetes individuais de aproximadamente 0,2 hectares providos de cocho e bebedouro, em pastagem de *Urochloa brizantha*, cv. Marandu (*Syn Brachiaria*).

Para iniciar o fornecimento dos suplementos, os animais foram submetidos a um período de adaptação de 14 dias, sendo posteriormente, introduzidos os tratamentos experimentais. No total, o experimento foi segmentado em cinco períodos com duração de 12 dias de duração, na qual a suplementação era realizada diariamente pela manhã, seguindo as quantidades indicadas no rótulo do produto, conforme descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Quantidade recomendada pelo fabricante do fornecimento dos suplementos.

Suplemento ¹	Quantidade (g/100 Kg de PV)	% PV	Denominação (MAPA)
SP1	40	0,04	Mineral
SP2	75	0,08	Mineral Proteico
SP3	125	0,13	Mineral Proteico
SP4	250	0,25	Mineral*
SP5	110	0,11	Mineral *

*O suplemento SP4 e SP5 não cumprem os requisitos do MAPA para ser considerado proteico-energético, pois não atende a quantidade mínima de PB que deve ser fornecida a cada 100 Kg de peso corporal. Porém, estes possuem um alto teor de NDT. Comercialmente, são classificados como suplementos energéticos.

Os tratamentos avaliados são descritos na tabela 3, estes variam de acordo com os níveis de proteína bruta e energia, podendo ser caracterizados como proteico, proteico-energético, a formulação ainda contava com a inclusão de probióticos.

Tabela 3. Caracterização dos suplementos utilizados:

Composição	Unidade	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5
Proteína Bruta (Mín.)	g/Kg	85,00	210,00	440,00	200,00	120,00
NNP. Equiv. Proteína (Máx.)	g/Kg	73,60	150,65	379,50	125,00	80,50
NDT estimado	g/Kg	55,00	280,00	430,00	640,00	465,00
Bacillus subtilis (Mín.)	UFC/kg	1,50x10 ¹⁰	1,50x10 ¹⁰	1,50x10 ¹⁰	7,50x10 ⁹	1,20x10 ¹⁰
Bifidobacterium bifidum (Mín.)	UFC/kg	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	2,50x10 ⁹	4,00x10 ⁹
Enterococcus faecium (Mín.)	UFC/kg	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	2,50x10 ⁹	4,00x10 ⁹
Lactobacillus acidophilus (Mín.)	UFC/kg	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	2,50x10 ⁹	4,00x10 ⁹
Lactobacillus buchneri (Mín.)	UFC/kg	1,00x10 ¹⁰	1,00x10 ¹⁰	1,00x10 ¹⁰	5,00x10 ⁹	8,00x10 ⁹
Lactobacillus casei (Mín.)	UFC/kg	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	2,50x10 ⁹	4,00x10 ⁹
Lactobacillus lactis (Mín.)	UFC/kg	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	5,00x10 ⁹	2,50x10 ⁹	4,00x10 ⁹
Saccharomyces cerevisiae (Mín.)	UFC/kg	1,00x10 ⁹	1,00x10 ⁹	1,00x10 ⁹	5,00x10 ⁸	8,00x10 ⁸

2. Disponibilidade e qualidade da forragem

Para estimar a disponibilidade de forragem, foram efetuadas duas coletas na área de pastagem, através do corte rente ao solo de áreas delimitadas aleatoriamente com um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m, sendo a primeira coleta realizada no início do primeiro período experimental e a segunda realizada no último dia do quinto período experimental.

As amostras coletadas foram levadas ao laboratório para secagem em estufa e obtenção da matéria seca do conteúdo, por conseguinte, foram processadas em moinho de facas, para serem analisados quanto os teores de matéria seca (MS: método 930.15), proteína bruta (PB: $N \times 6,25$; método 984.13) conforme metodologias da AOAC (1991). Os teores de fibra em detergente ácido (FDA) e fibra em detergente neutro (FDN), e fibra em detergente ácido (FDA), conforme descrito por Van Soest e Robertson (1999); adaptado por Mertens (2002). O teor de NDT da forragem foi calculado baseado no teor de FDN, conforme equação proposta por Capelle et al. (2001): $\%NDT = 83,79 - 0,4171 * FDN$.

3. Fermentação ruminal

Os parâmetros de fermentação analisados neste trabalho foram: o pH do líquido ruminal, a concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) e a concentração de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) para a estimativa da produção do gás metano (CH_4). No 11º dia de cada período experimental, foram coletadas amostras de líquido ruminal anteriormente ao fornecimento dos suplementos e 2, 4, 6, e 8 horas após a suplementação. A coleta foi realizada na interface líquido/sólido do ambiente ruminal dos animais canulados, e posteriormente, o material passou por processo de filtragem com o auxílio de uma tripla camada de gazes. Imediatamente após a obtenção das amostras filtradas, pode ser mensurado o pH utilizando um pHmetro digital portátil.

Para determinação do nitrogênio amoniacal, foi separada uma alíquota de 40 mL fixada a 1 ml de HCl 1:1, congelada a $-18^\circ C$ para posterior análise. A determinação dos teores de $N-NH_3$ foi realizada conforme o método INCT-CA N-007/1, descrito por Detmann et al. (2012). A concentração de amônia no líquido ruminal foi estimada pelo sistema microKjeldahl, sem digestão ácida e utilizando-se como base para destilação o hidróxido de potássio (KOH), após centrifugação prévia da amostra a 3.000 RPM, por 10 minutos.

Para a análise de ácidos graxos de cadeia curta foram coletadas alíquotas de 20 mL, dessas amostras foram centrifugadas a 3500 rpm por 5 minutos, sendo coletado 1800uL de sobrenadante, sendo misturadas com 100 uL de uma solução de ácido orto-fosfórico a 20%, todas as amostras foram congeladas para posterior análise de ácidos graxos de cadeia curta. Os AGCC do líquido ruminal foram determinados por cromatografia gasosa conforme descrito por Campos et al. (2004).

A determinação da concentração de AGCC possibilitou a estimativa da produção de metano entérico dos bovinos, seguindo a metodologia de Moss et al. (2000), onde a geração de

CH₄ com base nas proporções de ácido acético (C2), propiônico (C3) e butírico (C4), utilizando a seguinte equação: CH₄ (mmol/L) = 0.45 (C2) – 0.275 (C3) + 0.4 (C4).

4. Análise e estatísticas

Os dados obtidos foram submetidos ao SAS (Version 9.1.3, SAS Institute, Cary, NC 2004), verificando a normalidade dos resíduos e a homogeneidade das variâncias pelo PROC UNIVARIATE. Os dados de fermentação ruminal foram analisados pelo comando REPEATED do PROC MIXED para avaliação de medidas repetidas no tempo, de acordo com o seguinte modelo: $Y_{ijk} = \mu + A_i + P_j + D_k + T_y + T_y(D_k) e_{ijk}$; onde: Y_{ijk} = variável dependente, μ = média geral, A_i = efeito de animal ($i = 1$ a 5), P_j = efeito do período ($j = 1$ a 5), D_k = efeito do tratamento ($k = 1$ to 5), T_k = efeito do tempo ($k = 1$ a 5), $T_y(D_k)$ = interação entre dieta e tempo e e_{ijk} = erro experimental. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC MIXED, utilizando o LSMEANS, aplicando-se o teste de média de Tukey a 5% de probabilidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A disponibilidade de forragem foi fator limitante para a condução deste experimento. Silva et al. (2009) explica que existe limitação do consumo quando os valores disponíveis de MS estão abaixo de 4,5 t/ha. As médias de disponibilidade total de matéria natural e matéria seca foram de 7,38 t/ha e 3,03 t/ha, respectivamente (Tabela 4).

Tabela 4. Dados quantitativos e qualitativos referentes as condições da pastagem:

Fase	Disp. MS (t/ha)	Disp. MN					
		(t/ha)	MS (%)	NDT (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)
Inicial	1,94	3,56	54,36	53,75	5,65	72,01	40,66
Final	4,13	11,20	36,85	55,30	7,76	68,31	36,49
Média	3,03	7,38	45,60	54,53	6,70	70,16	38,58

Disponibilidade de matéria seca (Disp. MS t/ha); disponibilidade de matéria natural (Disp. MN t/ha); % de matéria seca(%MS); % de nutrientes digestíveis totais (%NDT); % de proteína bruta (%PB), % de fibra em detergente neutro (%FDN), % de fibra em detergente ácido (%FDA).

No presente estudo, a variação nos teores de FDN e FDA foi observada, de modo que no início do experimento (P1), onde o período de chuvas ainda estava se reestabelecendo,

observou-se os maiores valores de fibra, já no último período experimental (P5), as concentrações fibrosas sofreram reduções, decorrentes do acumulado de chuvas precipitadas na região. As médias obtidas para MS, FDN e FDA foram de 45,60, 70,16 e 38,58% respectivamente, assemelhando aos resultados encontrados por Farias (2019), que avaliou a composição química da forragem *Urochloa Brizantha*, cv. Marandu por diferentes métodos de amostragem, registrando as médias de 36,19, 80,47 e 45,19% para MS, FDN e FDA.

A variação em decorrência do período de amostragem também foi descrita por Velasquez, et.al (2010) na avaliação da concentração de parede celular e fracionamento de carboidratos no período de janeiro a março e abril a junho, onde o capim Marandu apresentou variação em sua composição fibrosa conforme o decorrer dos meses, na qual, o conteúdo de FDN e FDA foi de $58,74\% \pm 1,10$ e $33,33\% \pm 0,10$ nos meses com maior intensidade de chuvas (janeiro a março), e $65,70\% \pm 0,35$ e $32,89\% \pm 0,09$ nos meses com menor intensidade de chuvas (abril a junho), respectivamente.

Os elevados teores fibrosos de capins tropicais, são características de qualidade forrageira intrínsecas dos sistemas de produção brasileiro, nutricionalmente, essas condições favorecem o fornecimento de substrato para bactérias metanogênicas, assim como discutido por Archimède et.al (2011). Porém, deve ser considerado o grau de lignificação dessas plantas, uma vez que essa característica interfere diretamente o acesso microbiano ao alimento.

Os parâmetros de fermentação ruminal avaliados, pH e N-NH₃, não apresentaram resultados significativos quando consideramos os suplementos experimentais utilizados ($P = 0.132$ e $P = 0.927$). A faixa das médias de pH variou entre 6,56 - 6,66, resultado condizente com a condição de pastejo que os animais foram submetidos. Todos os animais utilizados por Ferreira et.al (2015) em seu experimento, apresentaram uma faixa ótima de pH ruminal de 6,2 - 7,1, o autor explica que estes valores são considerados benéficos para o funcionamento do rúmen, promovendo a ausência de distúrbios metabólicos.

Tabela 5: Parâmetros de fermentação dos suplementos experimentais:

Item	Suplementos Experimentais					EPM	Valor de P		
	SP1	SP2	SP3	SP4	SP5		SUP	Tempo	Interação
Ph	6.66	6.58	6.60	6.56	6.56	0.021	0.132	0.004	0.248
N-NH3	17,06	17,49	20,84	17,38	15,53	0,025	0.927	0.026	0.962
	<i>mmol/L)</i>								
Acético	31.52	27.08	26.53	26.05	26.05	1.358	0.002	0.097	0.634
Propionico	13.59	12.61	12.24	12.61	13.18	0.639	0.927	0.026	0.962
Butírico	6.86	5.74	6.18	6.39	6.04	0.255	0.544	0.038	0.164
Isobutírico	1.74	1.69	1.70	1.55	1.56	0.083	0.825	0.001	0.059
Valerato	0.34	0.30	0.35	0.31	0.29	0.019	0.457	0.654	0.745
Isovalerato	1.93	1.84	1.71	1.77	1.75	0.093	0.892	0.005	0.234
Total	56.05	49.12	48.84	54.22	48.51	2.059	0.477	0.018	0.598
C2:C3	2.31	2,15	2,16	2,06	1,98	-	-	-	-
CH ₄ (mmol/L)	13.17	11.05	11.03	13.68	10.60	0.634	0.148	0.222	0.481

Erro padrão médio (EPM); Suplemento 1 (SP1); Suplemento 2 (SP2); Suplemento 3 (SP3); Suplemento 4 (SP4), Suplemento 5 (SP5); Acetato (C2); Propionato (C3).

Houve resultados significativos para o pH em relação ao tempo ($P = 0.004$). O comportamento observado na figura 3 mostra que o padrão de variação foi semelhante para todos os tratamentos, ocorrendo as maiores reduções a partir de quatro horas após o fornecimento. Owens & Goetsch (1993), também observaram este comportamento, assumindo que o período de quatro horas após a alimentação proporciona equilíbrio na interação entre a liberação de ácidos graxos de cadeia curta com a produção de tampões no rúmen. Tal relação pode ser associada com o resultado significativo para a liberação do ácido propiônico na variável tempo ($P=0,026$).

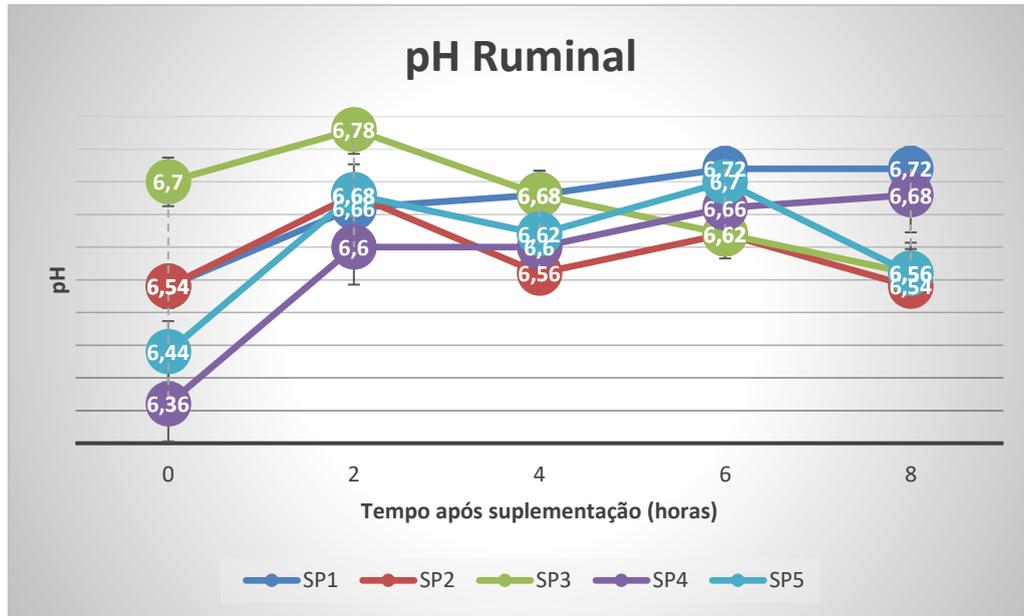


Figura 3. Gráfico do comportamento da variação do pH após a suplementação.

A média das concentrações de N-NH₃ do líquido ruminal avaliado, variou de 15,53 à 20,84 mg/dL. Tais valores apresentam superioridade em relação a concentração mínima requerida para a manutenção dos microrganismos, ponderada em 5 mg N-NH₃/dL de líquido ruminal (Costa et.al 2015). Entretanto, Leng (1990) explica que para otimização da produção de proteína microbiana, a quantidade de N-NH₃ que precisa estar disponível no rúmen estará situada na faixa de 10 à 20 mg/dL, neste estudo apenas o suplemento experimental 3 apresentou o descrito potencial de maximização de atividade da microbiota ruminal (20,84 mg de N-NH₃/dL).

Resultados significativos também foram obtidos para a concentração de nitrogênio amoniacal em função do tempo após a suplementação ($P = 0.026$). A figura 4, ilustra o gráfico de comportamento da concentração de nitrogênio amoniacal ao longo. O pico de N-NH₃ ocorreu após duas horas do fornecimento do suplemento, momento onde a maior concentração poderia maximizar a atividade microbiana. Níveis próximos aos valores iniciais foram reestabelecidos após seis horas da realização da suplementação. Em nenhum momento foram observados níveis abaixo da concentração mínima requerida para a manutenção dos microrganismos ruminiais.

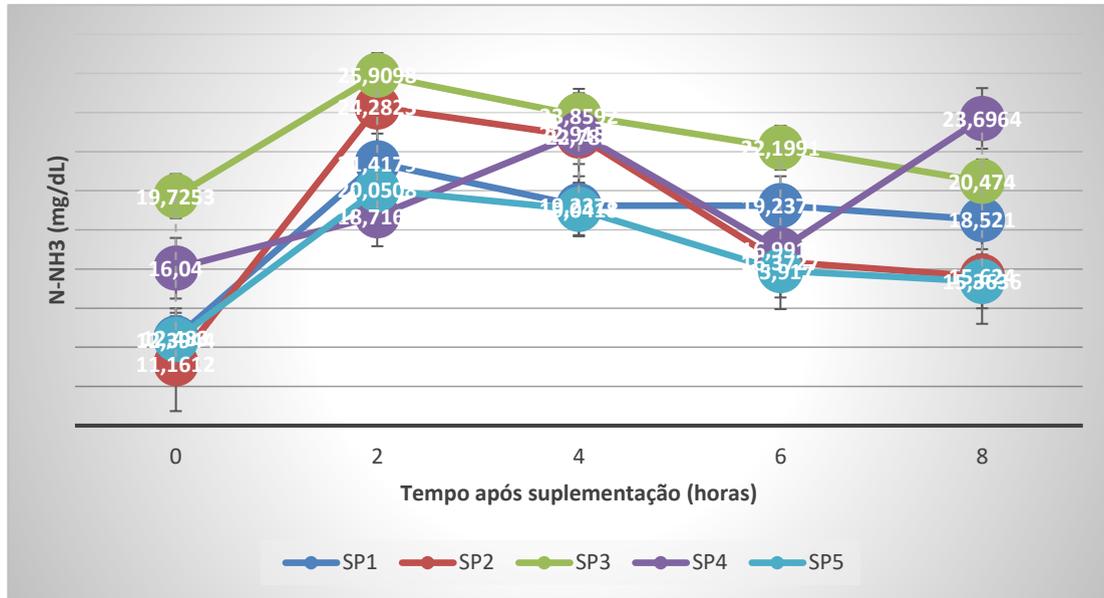
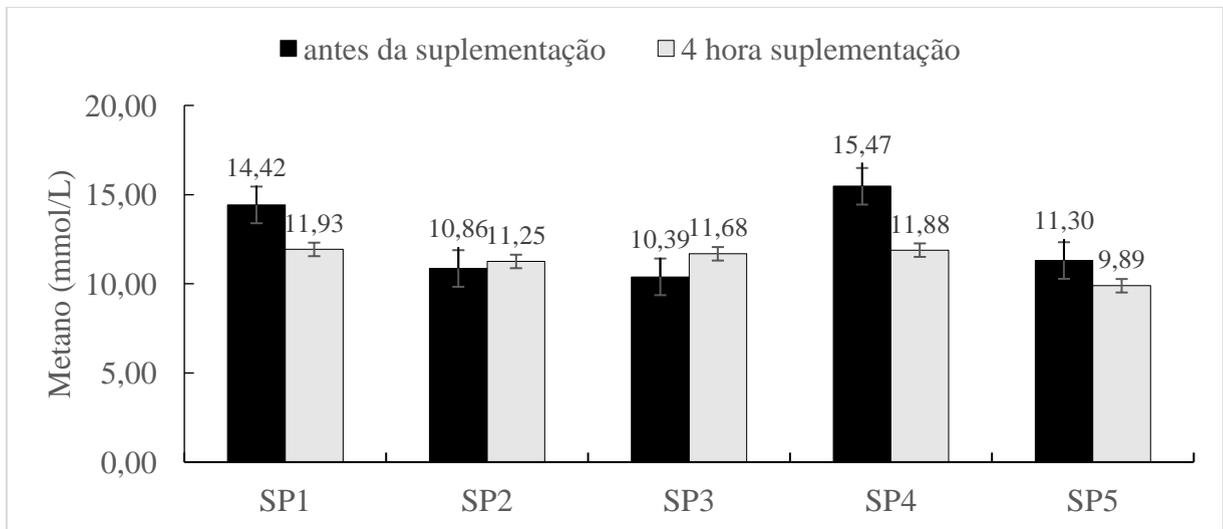


Figura 4. Gráfico de comportamento das concentrações de N-NH₃ após a suplementação.

As condições citadas acima, são consideradas propícias para o desenvolvimento das bactérias degradadoras de fibras, conseqüentemente há interferência na dinâmica de produção dos ácidos graxos de cadeia curta, como pode ser observado nos resultados significativos para o efeito da suplementação na produção de acetato ($P= 0.002$). A redução na concentração de acetato, ocorreu à medida que se aumentou os níveis de NDT nos suplementos testados, onde o suplemento 1 apresentou a maior produção (31.52 mmol/L), este tratamento era composto pela menor quantidade de NDT (55,00 g/Kg), enquanto os suplementos 4 e 5 continham os maiores teores de NDT (640,00 g/Kg e 465,00 g/Kg, respectivamente) resultando em uma menor concentração de acetato (26,05 mmol/L para ambos os tratamentos). Mamuad et al., (2019) trabalhando com suplementos aditivados com *Enterococcus faecium* observou o aumento nas concentrações totais de AGCC'S, tal como, o aumento na concentração de acetato, conforme aumentaram os níveis de inclusão do probiótico. Resultados que corroboram com os encontrados neste estudo, visto que os suplementos SP4 e SP5 continham as menores inclusões desta bactéria. Não houve diferença significativa para a produção de ácido propiônico ($P= 0,97$) e butírico ($P= 0,544$). Porém, observamos redução da relação acetato:propionato.

Apesar da modificação das proporções de AGCC's, estatisticamente não foram observados resultados significativos para a produção de metano em relação aos tratamentos utilizados ($P= 0.148$).

Entretanto, a Figura 5 apresenta o comportamento de alteração nas emissões de CH₄ após quatro horas do fornecimento do suplemento, momento onde ocorre máxima atividade microbiana no rúmen. Quando consideramos as médias, observamos que houve diferença no comportamento, conforme os animais ingeriram os diferentes suplementos foi apresentado redução ou aumento das emissões após 4 horas da suplementação. O tratamento P4 apresentou o maior potencial de redução na emissão de metano (3,59g ou 23,21%).



Redução em mmol/L e %, relativa à emissão antes da suplementação: SP1= 2,49g ou 17,28%; SP4= 3,59g ou 23,21% SP5= 1,41g ou 12,47%. Aumento em mmol/L e %, relativo à emissão antes da suplementação: SP2= 0,39g ou 3,59%; SP3= 1,29g ou 12,41%

Figura 5. Gráfico de comportamento do rendimento de CH₄ antes e 4 horas após a suplementação.

Os valores médios da produção de gás (mmol/L) sofreram leves reduções, onde o maior rendimento foi atribuído ao tratamento SP4 com 13,68 mmol/L, e o menor para o tratamento SP5 com 10,60 mmol/L. Valores abaixo dos encontrados por Krishna et al. (2021), que durante a avaliação da produção de metano de bovinos com a utilização de dietas com diferentes teores fibrosos, obteve valores de emissão de metano entre 14,20 e 16,64 mmol/L, utilizando a metodologia descrita por Moss et al (2000). Em comparação, neste experimento, a pastagem disponível para os animais também continha altos teores fibrosos, como constatado pelos valores de FDN e FDA, deste modo a utilização da suplementação, pode ter auxiliado na obtenção de menores rendimentos de metano.

5. CONCLUSÃO

Os parâmetros da fermentação pH e N-NH₃, não apresentaram resultados significativos diante da utilização dos tratamentos experimentais, sofrendo apenas influência do tempo de ação no rúmen após o fornecimento dos suplementos, podendo indicar intensa atividade dos microrganismos ruminais somente nos períodos onde as condições ambientais eram favoráveis para fermentação, mais intensa.

Houve alterações significativas nas concentrações totais de acetato conforme a utilização dos diferentes suplementos, apontando que as diferentes composições alteraram o padrão de fermentação, reduzindo a produção apenas deste ácido graxo de cadeia curta. Apesar disso, não houveram alterações estatisticamente significantes no rendimento de metano, conforme o esperado. Entretanto, deve-se considerar a necessidade da continuidade dos estudos a volta do modelo matemático utilizado por Moss (2000), para a predição do rendimento de CH₄. Tal como, identificar os melhores níveis de suplementação que devem ser adotados para que a proposta de mitigação seja eficiente, associados a qualidade da forragem ingerida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABIEC: Associação Brasileira das Indústrias Exportadoras de Carne, [2022]. Disponível em: < <https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/>> Acesso em: dezembro 07, 2022.
2. ALDHAFEERI, T., Tran, M.-K., Vrolyk, R., Pope, M., & Fowler, M. (2020). Uma Revisão dos Sensores de Detecção de Gás Metano: Desenvolvimentos Recentes e Perspectivas Futuras. *Inventions*, 5(3), 28. doi:10.3390/inventions5030028.
3. ARAÚJO, E. P; Predição da Produção do Metano Entérico de Vacas Leiteiras [2011]. Disciplina de Seminários aplicados do Curso de Mestrado em Ciência Animal da Escola de Veterinária e Zootecnia UFG.
4. ARCHIMÈDE, H., Eugène, M., Marie Magdeleine, C., Boval, M., Martin, C., Morgavi, DP, Doreau, M. (2011). Comparação da produção de metano entre gramíneas e leguminosas C3 e C4. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 59-64. doi:10.1016/j.anifeedsci.2011.04.003
5. BEAUCHEMIN KA, Ungerfeld EM, Abdalla AL, Alvarez C, Arndt C, Becquet P, Benchaar C, Berndt A, Mauricio RM, McAllister TA, Oyhantçabal W, Salami SA, Shalloo L, Sun Y, Tricarico J, Uwizeye A, De Camillis C, Bernoux M, Robinson T, Kebreab E. Invited review: Current enteric methane mitigation options. *J Dairy Sci*. 2022 Nov;105(12):9297-9326. doi: 10.3168/jds.2022-22091. Epub 2022 Oct 19. PMID: 36270879.
6. BEAUCHEMIN, K. A, Emilio M. Ungerfeld, Adibe L. Abdalla, Clementina Alvarez, Claudia Arndt, Philippe Becquet, Chaouki Benchaar, Alexandre Berndt, Rogerio M. Mauricio, Tim A. McAllister, Walter Oyhantçabal, Saheed A. Salami, Laurence Shalloo, Yan Sun, Juan Tricarico, Aimable Uwizeye, Camillo De Camillis, Martial Bernoux, Timothy Robinson, Ermias Kebreab, Invited review: Current enteric methane mitigation options, *Journal of Dairy Science*, Volume 105, Issue 12, 2022, Pages 9297-9326, ISSN 0022-0302, <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22091>.
7. BEEF REPORT: Perfil da Pecuária no Brasil [2022]. Disponível em: < https://www.abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2022/#dflip-df_4284/1/> Acesso em dezembro 07, 2022.
8. BERCHIELLI, T. T., Messana, J. D., & Canesin, R. C. (2012). Produção de metano entérico em pastagens tropicais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 13(4), 954–968. doi:10.1590/s1519-99402012000400010.
9. BERCHIELLI, T. T; PIREZ, A.V; OLIVEIRA,S.G. Livro Nutrição de Ruminantes. FUNEP, 2006.
10. CAMPOS, F. P. de e NUSSIO, Carla Maris Bittar e NUSSIO, Luiz Gustavo. Métodos

- de análise de alimentos. . Piracicaba: FEALQ. . Acesso em: 10 maio 2023. , 2004
11. CARVALHO, Joilma Toniolo Honório de. Suplementação para bovinos de corte em pastagem tropical *Brachiaria brizantha* cv. Xaráes. 2019. 58 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2019.
 12. CARREGA, M. F. C. S; Dantas, Ariane. Metano ruminal e o uso de taninos condensados como estratégia de mitigação. *Nucleus Animalium*, Ituverava, v. 9, n. 1, p. 51-64, dez. 2017. ISSN 2175-1463.
 13. COSTA, N.L. ; Monteiro, A. L. G. ; Silva, A. L. P. ; Moraes, A. ; Giostri, A. F. ; Stivari, T. ; Gilaverte, S. ; Baldissera, T. C. ; Pin, E. . Considerações sobre a degradação da fibra em forragens tropicais associada com suplementos energéticos ou nitrogenados. *Archivos de Zootecnia* , v. 64, p. 31-41, 2015.
 14. DETMANN, E, Souza, MA, Valadares Filho, SC, Queiroz, AC, Berchielli, TT, Saliba, EOS, Cabral, LS, Pina, DS, Ladeira, MM, Azevedo, JAG, 2012. Métodos para análise de alimentos. Visconde do Rio Branco: Suprema, 214.
 15. FABIAN, E. C; Cabral, L. S.Paula, N.F.; Pedreira, B.C.; Pacheco, R. D. L.; Tavares, J. R.. *Saccharomyces cerevisiae* associada à suplementação com amido sobre a digestão in vitro de forragem tropical. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Federal de Mato Grosso.
 16. FARIAS, Thais Moura. Valor nutricional da *Brachiaria brizantha* cv. marandu, sobre patejo durante a época das águas por diferentes métodos de amostragem. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2019.
 17. FERREIRA, S. F., Fernandes, J. J. de R., Pádua, J. T., Bilego, U. O., Lima, M. A. S., França, A. F. de S., Bento, E. A., Oliveira, L. G., & Grandini, D. (2015). Desempenho e metabolismo ruminal em bovinos de corte em sistema de pastejo no período seco do ano recebendo virginiamicina na dieta. *Semina: Ciências Agrárias*, 36(3Sup1), 2067–2078. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3Sup1p2067>
 18. GOIS, G.C; Voltolini, T. V; Nogueira, G. H. M. S. M. F; Amorim, J. S; Santos, R. N; Pereira, J. S; Lima, A. E. S. Desafios para a mitigação da emissão de metano entérico no Semiárido brasileiro. In: Mário Adriano Ávila Queiroz; José Bibiano Melo; Ítalo Herbert L. Cavalcante. (Org.). *Avanços e desafios da pesquisa em ciências agrárias e veterinárias no semiárido brasileiro*. 1ed.Petrolina-PE: UNIVASF, 2019, v. 1, p. 1-17.
 19. PATINO, H. O; Luisa Fernanda Escobar, Luis Fernando Chávez, Cimelio Bayer, Diogo Del Ré. Alternativas de manejo para mitigar as emissões de metano em ruminantes. In: *Simpósio Brasileiro de Agropecuária Sustentável (2. : 2010 : Viçosa, MG) Anais*. Viçosa : UFV, 2010. p. 340-357
 20. ISLAM, M., and Lee, S.-S. (2019). Advanced estimation and mitigation strategies: a cumulative approach to enteric methane abatement from ruminants. *J. Anim. Sci. Technol.* 61, 122–137. doi:10.5187/jast.2019.61.3.122
 21. KIM SH, Mamuad LL, Kim DW, Kim SK, Lee SS. Fumarate Reductase-Producing Enterococci Reduce Methane Production in Rumen Fermentation In Vitro. *J Microbiol*

- Biotechnol. 2016 Mar;26(3):558-66. doi: 10.4014/jmb.1512.12008. PMID: 26767574.
22. Krishna, NH, YN Anggraeny e D. Pamungkas. "A concentração de metano entérico do gado alimentado com diferentes níveis de fibras." Série de Conferências IOP: Ciências da Terra e do Meio Ambiente . Vol. 648. Nº 1. Editora IOP, 2021.
 23. KUMAR, S., Puniya, AK, Puniya, M. et al. Fatores que afetam metanogênios ruminais e estratégias de mitigação de metano. *World J Microbiol Biotechnol* 25 , 1557–1566 (2009). <https://doi.org/10.1007/s11274-009-0041-3>
 24. LENG, RA (1990). Fatores que afetam a utilização de forragens de “má qualidade” por ruminantes, especialmente em condições tropicais. *Nutrition Research Reviews*, 3(01), 277. doi:10.1079/nrr19900016
 25. Mamuad, LL, Kim, SH, Biswas, AA, Yu, Z., Cho, K.-K., Kim, S.-B., ... Lee, SS (2019). Fermentação ruminal e composição da comunidade microbiana influenciada pela suplementação de *Enterococcus faecium* vivo. *AMB Express*, 9(1). doi:10.1186/s13568-019-0848-8
 26. McDonnell, RP, Staines, M. vH., Douglas, ML, Auldist, MJ, Jacobs, JL e Wales, WJ (2017). Características de degradabilidade ruminal de cinco suplementos concentrados à base de amido usados em fazendas leiteiras australianas. *Animal Production Science*, 57(7), 1512. doi:10.1071/an16466
 27. MERTENS, DR, 2002. Gravimetric determination of amylase treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles. Collaborative study. *Journal of AOAC International*, v.85, p.1212-1240.
 28. Millen DD, Arrigoni MDB, Pacheco RDL. *Rumenology*. Suíça: Springer International Publishing. (2016). doi:10.1007/978-3-319-30533-2
 29. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA): instrução normativa 12/2004 [2017]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-pecuarios/alimentacao-animal/arquivos-alimentacao-animal/legislacao/instrucao-normativa-no-12-de-30-de-novembro-de-2004.pdf> Acesso em janeiro 15, 2023.
 30. MOATE, PJ, Deighton, MH, Jacobs, J., Ribaux, BE, Morris, GL, Hannah, MC, Williams, SRO (2020). Influência da proporção de trigo em uma dieta à base de pasto na produção de leite, emissões de metano, produção de metano e protozoários ruminais de vacas leiteiras. *Journal of Dairy Science*, 103(3), 2373–2386. doi:10.3168/jds.2019-17514.
 31. MOSS, AR, Jouany, J.-P., & Newbold, J. (2000). Produção de metano por ruminantes: sua contribuição para o aquecimento global. *Annales de Zootechnie*, 49(3), 231–253. doi:10.1051/animres:2000119
 32. OLIVEIRA, V. da S., Neto, JAS, Valença, R. de L., & dos Santos, ACP (2017). Estratégias Para Mitigar A Produção De Metano Entérico. *Veterinária Notícias*, 23 (1).
 33. ORTOLANI, Enrico Lippi ; Sousa, Rejane Dos Santos ; Minami, Natália Sato ; Oliveira, Francisco Leonardo Costa De ; Dias, Mailson Rennan Borges ; Sucupira, Maria Claudia Araripe ; Júnior, Raimundo Alves Barreto ; Minervino, A. H. H. .

- Acidoses ruminais em bovinos: uma revisão. *Revista Brasileira de Buiatria - RBB*, v. 2, p. 39-64, 2021.
34. OWENS, FN; GOETSCH, AL Fermentação ruminal. In: CHURCH, DC (Ed.) *O ruminante : fisiologia digestiva e nutrição*. Zaragoza: Acribia, 1993. p.159-189.
 35. PEREIRA, A.M., de Lurdes Nunes Enes Dapkevicius, M. & Borba, A.E.S. Alternative pathways for hydrogen sink originated from the ruminal fermentation of carbohydrates: Which microorganisms are involved in lowering methane emission?. *anim microbiome* 4, 5 (2022). <https://doi.org/10.1186/s42523-021-00153-w>
 36. PIROLA, J. V. F, & Andrighetto, C. (2022). Técnicas e tecnologias de mitigação de gases na produção animal. *Caderno De Ciências Agrárias*, 14, 1–8. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2022.40748>
 37. SILVA, F.F.; SÁ, J.F.; Schio, A.R.; Itavo. L.C.V.; Silva, R.R.; Mateus, R.G. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.38, p.371-389, 2009.
 38. Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG): Desafios e oportunidades para redução das emissões de metano no Brasil [2022]. Disponível em: [https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG METANO 2022 FINAL.pdf](https://seeg.eco.br/wp-content/uploads/2023/03/SEEG_METANO_2022_FINAL.pdf)> Acesso em: dezembro 07, 2022.
 39. SOUZA, E. J. O; GUIM, Adriana; TORRES, Thaysa Rodrigues. Efeitos Da Fibra Fisicamente Efetiva Sobre A Produção De Ácidos No Rúmen. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 7, p. 1269/116-1279, 2010.
 40. Sun X, Cheng L, Jonker A, Munidasa S, Pacheco D. A Review: Plant Carbohydrate Types-The Potential Impact on Ruminant Methane Emissions. *Front Vet Sci*. 2022 Jun 17;9:880115. doi: 10.3389/fvets.2022.880115. PMID: 35782553; PMCID: PMC9249355.
 41. THIAGO, L. R. L, SILVA, J. M. Aspectos práticos para suplementação de bovinos em pastejo. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2004 (Apostila de Curso).
 42. United Nations Environment Programme (UNEP): Global Methane Assessment Benefits and Costs of Mitigating Methane Emissions [2021]. Disponível em: < <https://www.unep.org/resources/report/global-methane-assessment-benefits-and-costs-mitigating-methane-emissions>> Acesso em: dezembro 07, 2022.
 43. VAN SOEST, PJ, Robertson, JB, 1999. Analysis of forages and fibrous foods. A Laboratory Manual. Ithaca, NY: Cornell University.
 44. VELÁSQUEZ, P. A. T., Berchielli, T. T., Reis, R. A., Rivera, A. R., Dian, P. H. M., & Teixeira, I. A. M. de A. (2010). Composição química, fracionamento de carboidratos e proteínas e digestibilidade in vitro de forrageiras tropicais em diferentes idades de corte. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(6), 1206–1213. doi:10.1590/s1516-35982010000600007
 45. Zotti, C.A. e Paulino, V.T. O metano na produção animal: Emissão e minimização de seu impacto. *PUBVET*, Londrina, V. 3, N. 28, Ed. 89, Art. 641, 2009.