



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
CURSO DE ZOOTECNIA



**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

---

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MONENSINA E ÓLEO ESSENCIAL NO VALOR  
NUTRITIVO DE SILAGENS DE TMR COM ELEVADO TEOR DE UMIDADE**

Acadêmica: Amanda Mendonça de Oliveira

Dourados - MS  
Dezembro - 2024

**INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MONENSINA E ÓLEO ESSENCIAL NO VALOR  
NUTRITIVO DE SILAGENS DE TMR COM ELEVADO TEOR DE UMIDADE**

Acadêmica: Amanda Mendonça de Oliveira  
Orientador: Marco Antonio Previdelli Orrico Junior

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  
Dezembro - 2024

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

O48i Oliveira, Amanda Mendonça De

INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MONENSINA E ÓLEO ESSENCIAL NO VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE TMR COM ELEVADO TEOR DE UMIDADE [recurso eletrônico] / Amanda Mendonça De Oliveira. -- 2024.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: Marco Antonio Previdelli Orrico Junior.

TCC (Graduação em Zootecnia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2024.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. alimentação de ruminantes. 2. ensilagem. 3. moduladores. I. Orrico Junior, Marco Antonio Previdelli . II. 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: INFLUÊNCIA DA ADIÇÃO DE MONENSINA E ÓLEO ESSENCIAL NO VALOR NUTRITIVO DE SILAGENS DE TMR COM ELEVADO TEOR DE UMIDADE**

**AUTORA:** Amanda Mendonça de Oliveira

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior

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

Prof. Dr. Marco Antonio Previdelli Orrico Junior  
Orientador

Prof. Dr. Alexandre Rodrigo Mendes Fernandes

Msc. Ronnie Coêlho de Andrade

Data de realização: 05 de Dezembro de 2024

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

Aos meus pais, Adilson e Naís, a quem devo tudo.

As minhas irmãs, Kailani e Steffany, minhas confidentes e cúmplices.

Aos meus avós (*in memoriam*), José e Adair, cujas estrelas mais brilhantes iluminam meu caminho,

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço,

Primeiramente a Deus por todas as bênçãos concedidas até aqui.

A minha família, minha rocha inabalável.

À minha mãe, Naís, minha fortaleza. Suas orações me fortaleceram em todos os momentos.

Ao meu padrasto, Dinarti, por suas sábias palavras que sempre me inspiraram.

Às minhas irmãs, Kailani e Steffany, pelo amor e apoio incondicional.

Ao meu pai, Adilson, por seu amparo constante.

Aos meus avós (*in memoriam*), José e Adair, que enquanto vivos sempre acreditaram na minha capacidade.

Ao meu namorado, Gustavo, por seu companheirismo e incentivo, que tornaram esta jornada ainda mais especial.

Aos meus colegas e amigos, que estiveram ao meu lado e que contribuíram de alguma maneira durante todo esse processo.

A Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) por ter sido a minha segunda casa ao longo desses cinco anos.

Ao grupo de pesquisa, MAFRA, por todo auxílio durante o desenvolvimento deste trabalho e principalmente pela amizade construída.

A todos os meus professores pelos ensinamentos valiosos, conselhos e lições de vida que carregarei comigo.

Em especial, ao meu orientador, Professor Dr. Marco, por toda paciência e instrução.

E aos membros da banca examinadora, Professor Dr. Alexandre e ao Msc. Ronnie, pelas grandes contribuições e dedicação em avaliar este trabalho.

Minha eterna gratidão.

## SUMÁRIO

1. Introdução.....	03
2. Revisão de literatura.....	04
2.1 Uso da tmr na nutrição animal.....	04
2.2 Ensilagem de TMR.....	04
2.3 Uso de aditivos para silagens de dieta total.....	05
2.4 Uso da monensina.....	06
2.5 Uso de óleo essencial.....	07
2.6 Alteração da composição química das silagens com o uso de monensina e óleos essenciais .....	08
3. Objetivo.....	09
4. Materiais e Métodos .....	10
5. Resultados e Discussões.....	13
6. Conclusão .....	16
7. Referências Bibliográficas.....	17

## RESUMO

A ensilagem de TMRs tem se mostrado uma prática promissora na alimentação de ruminantes, oferecendo uma dieta balanceada e homogênea. A adição de moduladores, como a monensina e os óleos essenciais, visa melhorar a eficiência do processo fermentativo. Nesse sentido, este estudo avaliou o efeito da inclusão de monensina e óleo essencial na composição química de silagens, a fim de avaliar o potencial desses aditivos em melhorar o valor nutritivo da forragem conservada. Para tanto, foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, sendo testadas cinco formas de inclusão dos aditivos: controle (sem aditivo), MON35 (35 mg monensina/kg MS), MON45 (45 mg monensina/kg MS), OEL300 (300 mg óleo essencial/kg MS) e OEL600 (600 mg óleo essencial/kg MS). Realizou-se quatro repetições por tratamento, totalizando 20 silos experimentais. O preparo da TMR consistiu em misturar-se o concentrado com o volumoso e água destilada para a mistura. Após o enchimento dos silos, os mesmos foram lacrados com lona plástica dupla-face (preta e branca) e fita adesiva e armazenados em laboratório à temperatura ambiente por 90 dias. Realizou-se uma análise bromatológica detalhada, incluindo fracionamento proteico, determinação de fibras, carboidratos não fibrosos, lignina e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Foram observadas diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) nos parâmetros de PB, MM e DIVMS entre os tratamentos testados. A PB na MS apresentou o maior valor (17,92%) no tratamento com OEL600, devido à inibição de bactérias proteolíticas pelo limoneno, reduzindo as perdas nutricionais durante a ensilagem e preservando. Para o parâmetro de MM, a possível presença de partículas de areia nas amostras pode ter influenciado os resultados da análise. Um estudo mais aprofundado da composição mineral, através de análises de perfil, seria de grande valia para interpretar as diferenças observadas. Para a DIVMS, o tratamento MON35 apresentou maior valor (80,25% na MS), melhorou a qualidade da silagem ao reduzir a proliferação de bactérias indesejáveis, favorecendo a fermentação láctica e aumentando a digestibilidade.

**PALAVRAS-CHAVES:** alimentação de ruminantes; ensilagem; moduladores.

## ABSTRACT

The ensiling of TMRs has proven to be a promising practice in ruminant feeding, offering a balanced and homogeneous diet. The addition of modulators, such as monensin and essential oils, aims to improve the efficiency of the fermentation process. In this context, this study evaluated the effect of adding monensin and essential oil on the chemical composition of silages, in order to assess the potential of these additives to improve the nutritional value of preserved forage. To this end, a completely randomized design was adopted, testing five different additive inclusion methods: control (no additive), MON35 (35 mg monensin/kg DM), MON45 (45 mg monensin/kg DM), OEL300 (300 mg essential oil/kg DM), and OEL600 (600 mg essential oil/kg DM). Four replications per treatment were carried out, totaling 20 experimental silos. The preparation of the TMR involved mixing the concentrate with the roughage and distilled water for the mixture. After filling the silos, they were sealed with double-sided plastic sheeting (black and white) and adhesive tape, then stored in a laboratory at room temperature for 90 days. A detailed bromatological analysis was performed, including protein fractionation, fiber determination, non-fibrous carbohydrates, lignin, and in vitro dry matter digestibility. Significant differences ( $P < 0.05$ ) were observed in the CP, DM, and DMDM parameters between the tested treatments. The CP in DM showed the highest value (17.92%) in the OEL600 treatment, due to the inhibition of proteolytic bacteria by limonene, reducing nutritional losses during ensiling and preserving it. For the DM parameter, the possible presence of sand particles in the samples may have influenced the analysis results. A more in-depth study of the mineral composition, through profile analysis, would be valuable to interpret the observed differences. For DMDM, the MON35 treatment showed the highest value (80.25% in DM), improving silage quality by reducing the proliferation of undesirable bacteria, promoting lactic fermentation, and increasing digestibility.

**KEYWORDS:** ensiling; ruminant nutrition; modulators.

## 1. INTRODUÇÃO

As rações mistas totais (do inglês Total Mixed Ration - TMR), se consolidaram como uma estratégia nutricional eficaz para a alimentação de ruminantes. Através da combinação balanceada de volumosos e concentrados, as TMR fornecem uma dieta completa e homogênea para atender às necessidades nutricionais específicas de cada categoria animal (Lazzari et al., 2021). No entanto, são necessários o corte e a trituração diária do volumoso e, na sequência, promover a mistura deste volumoso com o concentrado para a produção das TMRs. Todo esse trabalho implica em gasto de tempo e de mão de obra, que muitas vezes é escassa nas pequenas propriedades do Brasil.

A ensilagem de TMR emerge como uma solução inovadora em substituição à produção diária dessa dieta, concentrando sua preparação em um período específico do ano. Essa abordagem otimiza o uso da mão de obra e elimina a necessidade de formulação diária. Além disso, a ensilagem de TMR permite a incorporação de subprodutos úmidos da agroindústria, que, devido à baixa estabilidade, são adquiridos a um custo reduzido (ALVES et al., 2022; MIYAJI, MATSUYAMA & NONAKA 2017).

Entretanto, sua implementação exige um investimento inicial considerável em equipamentos (tritadores, misturadores e silos), além de infraestrutura adequada para o armazenamento da silagem e requer conhecimentos técnicos específicos sobre a formulação da dieta, a escolha dos ingredientes, a umidade ideal, a compactação da massa, o uso de aditivos e as condições de armazenamento. A falta de conhecimento pode levar à produção de silagem de baixa qualidade, com perdas de nutrientes e problemas de saúde nos animais.

Devido à sua natureza de dieta completa, a TMR requer a combinação de diversos ingredientes. Entre os numerosos aditivos utilizados nas TMRs, os moduladores da fermentação ruminal se destacam por melhorar o aproveitamento dos alimentos pelos animais, sendo a monensina a mais utilizada (MCGUFFEY et al., 2001). Ela age inibindo o crescimento de bactérias Gram-positivas no rúmen, que são as principais responsáveis pela produção de metano e ácido lático, resultando em maior eficiência alimentar.

Apesar desses benefícios, a monensina tem sido alvo de críticas devido a seus impactos ambientais, favorecendo o desenvolvimento de bactérias resistentes e por apresentar indícios de resíduos nos produtos finais. Os óleos essenciais (OE) têm sido intensivamente estudados como potenciais substitutos da monensina, pois também exercem ação seletiva sobre microrganismos ruminais, inibindo bactérias Gram-positivas e preservando bactérias Gram-negativas importantes para a digestão da fibra. A grande vantagem reside na metabolização parcial pelos animais, resultando em menor excreção nas fezes, minimizando os impactos ambientais.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Uso da TMR na nutrição animal**

A ração de mistura total envolve a mistura homogênea de volumoso, concentrados, vitaminas, minerais e aditivos (Bueno et al., 2020). Schingoethe (2017) destaca que a TMR reduz a seleção de ingredientes, melhora o aproveitamento e a ingestão de nutrientes pelos animais. Além disso, minimiza custos da dieta por permitir a inclusão de alimentos menos palatáveis, otimiza o tempo gasto pelo animal para ingerir o alimento e reduz o risco de acidose ruminal pois a entrada constante de uma dieta balanceada acaba ajudando na estabilização do pH (SARKER et al., 2019; HUUSKONEN, PESONEN & JOKI-TOKOLA, 2014).

Entretanto, o uso da TMR pode ser inviável para propriedades com pouca mão de obra, infraestrutura inadequada e dificuldade na aquisição de insumos (Bretschneider et al., 2015). A compra de vagões misturadores, essenciais para a homogeneização dos ingredientes, enfrenta limitações orçamentárias devido ao alto custo (Schingoethe, 2017). Assim, a TMR pode não ser viável para fazendas com rebanhos menores, devido ao grande investimento necessário em equipamentos de pesagem e mistura (WANG, 2010).

### **2.2 Ensilagem de TMR**

A ensilagem é um método de conservação forrageira que utiliza a fermentação ácida como forma de preservar forragens verdes úmidas. Essa técnica envolve a compactação da forragem, excluindo o ar e estimulando bactérias anaeróbicas a converterem açúcares em ácido orgânicos, entre eles o ácido lático que é o mais importante. O pH ácido resultante inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis, prolongando a vida útil da forragem e garantindo a qualidade nutritiva para alimentação animal (PEDROSO et al., 1998).

Uma boa silagem apresenta características sensoriais excepcionais, com aroma ácido suave e cor verde natural (Silva et al., 2001). De acordo com Pedroso (1998), a qualidade da silagem pode ser severamente comprometida por um conjunto de reações indesejáveis que se intensificam em condições aeróbicas durante o enchimento do silo, pode-se destacar a proliferação de microrganismos, como leveduras e mofos; respiração vegetal, que se prolonga mesmo após o corte; e, desenvolvimento de calor excessivo. Essas reações são capazes de desencadear consequências de reação de Maillard, onde favorece a degradação da proteína em compostos nitrogenados não

proteicos, solúveis, diminuindo o valor nutritivo, e a caramelização de carboidratos, que resulta em perda de energia e alteração do sabor do material.

Durante a ensilagem, todos os nutrientes são direcionados para a fermentação. Isso pode modificar o valor nutricional da ração, alterando o conteúdo e a disponibilidade de nutrientes (Bueno et al., 2020). Segundo os mesmos autores, a fermentação da silagem TMR, assim como em outros processos de ensilagem, é influenciada por diversos fatores, como formulação ajustada, teor de matéria seca (MS), teor de carboidratos solúveis, capacidade de tamponamento e composição da comunidade microbiana, com ênfase na população de bactérias do ácido láctico (BAL) presente na TMR. A fermentação da silagem promove alterações significativas na composição nutricional da forragem. Carboidratos solúveis e amido são rapidamente utilizados pelos microrganismos, resultando em produção de ácidos orgânicos e resultando na produção de ácidos orgânicos, como ácido láctico e ácido acético, no entanto, podendo reduzir a quantidade de ambos.

Silagem com baixo teor de matéria seca (MS), causará implicações na fermentação láctica, pois nessa condição, há uma maior taxa de crescimento microbiana, necessitando de aumento na produção de ácido total para que haja uma conservação adequada do material ensilado.

### **2.3 Uso de aditivos para silagens de dieta total**

Aditivos para ensilagem são substâncias, naturais ou sintéticas, adicionadas à forragem com o objetivo de modular o processo fermentativo, favorecendo o desenvolvimento de bactérias lácticas produtoras de ácido láctico e inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis. Essa modulação resulta em uma silagem mais estável, com menores perdas de matéria seca e nutrientes, e maior valor nutritivo (Yitbarek & Tamir, 2014). A utilização de aditivos visa garantir uma fermentação rápida e eficiente, culminando em um produto de alta qualidade, ideal para a alimentação animal (LALA et al., 2010).

O uso de aditivos ajuda a evitar ou amenizar os prejuízos causados pela fermentação indesejável. A escolha do aditivo ideal deve considerar fatores como segurança e conservação da matéria seca, prevenção de fermentação secundária, estabilidade aeróbica e que ofereça eficientes retornos em produção animal ao uso do aditivo (NEUMANN et al., 2010). Existem alguns tipos de aditivos, entre eles estão os microbianos, químicos e nutricionais.

Os inoculantes microbianos, compostos principalmente por bactérias lácticas, são amplamente utilizados para estimular a fermentação homoláctica, reduzindo o pH da silagem e promovendo sua estabilidade aeróbica. Dentre eles, existem dois tipos principais de inoculantes: homofermentativos e heterofermentativos. Os inoculantes homofermentativos, como os contendo *Lactobacillus plantarum*

e *Pediococcus*, promovem uma fermentação rápida, produzindo principalmente ácido lático e acidificando rapidamente o meio. Os inoculantes heterofermentativos, como os contendo *Lactobacillus buchneri* e *Lactobacillus brevis*, produzem uma mistura de ácidos orgânicos, conferindo maior estabilidade aeróbica à silagem ao inibir o crescimento de leveduras e bolores (YITBAREK & TAMIR 2014)

Por outro lado, os aditivos químicos, como o ácido fórmico e a ureia, atuam de forma mais direta na acidificação do meio ou no fornecimento de nitrogênio não proteico (NNP) para o desenvolvimento da microbiota, otimizando a digestibilidade dos alimentos fibrosos, resultando em melhor aproveitamento dos nutrientes e qualidade da silagem. De acordo com Fernandes et al., (2009), a adição de ureia na ensilagem de sorgo pode aumentar o valor nutritivo da silagem sem afetar o perfil de fermentação na ensilagem.

A adição de nutrientes, como grãos e melação, visa aumentar o teor de energia da silagem e fornecer substratos adicionais para a fermentação láctica. Essa combinação de aditivos permite otimizar a qualidade da silagem, melhorar o valor nutricional, garantir maior palatabilidade e valor nutritivo para os animais.

Além dos aditivos citados anteriormente, vêm crescendo o interesse de pesquisadores no uso de antibióticos, fitoterápicos e outros compostos que atuem inibindo o crescimento dos microrganismos indesejáveis sem comprometer o crescimento das bactérias lácticas e a saúde dos animais. Por isso, os ionóforos e os óleos essenciais vêm sendo testados no processo de ensilagem.

## **2.4 Uso da monensina**

A monensina, é um ionóforo, que se define em um composto biologicamente ativo produzido por uma cepa de *Streptomyces cinnamonensis* (Richardson et al., 1976), de origem bacteriana, ela atua no rúmen por meio da ação de bacteriostática seletiva. No âmbito da Zootecnia, o emprego de antibióticos subprofiláticos, a exemplo dos ionóforos, configura-se como prática rotineira com vistas à otimização da conversão alimentar em produção animal, além da mitigação do surgimento de enfermidades e distúrbios metabólicos. Dentre os ionóforos, a monensina assume papel de destaque na modulação das populações microbianas do rúmen e da fermentação ruminal em cenários práticos de manejo alimentar.

Devido às características estruturais da parede celular de bactérias Gram-positivas, os ionóforos alteram a permeabilidade da membrana celular, provocando um desequilíbrio iônico intracelular, que acarreta em disfunção metabólica, inibindo seu crescimento e multiplicação. Com isso, há alterações na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), aumentando a proporção

de propionato em detrimento de acetato e butirato. Essa alteração na proporção de AGCC contribui para uma melhor eficiência energética e diminui a produção de metano. Além disso, a monensina melhora a eficiência da utilização de proteína na dieta, diminuindo a degradação proteica e a produção de amônia ruminal (DE MOURA et al., 2021).

A monensina é um aditivo comumente utilizado na alimentação animal e possui vasta gama de estudos sobre ela, no entanto, não foram encontrados estudos que avaliassem sua aplicação e seus efeitos diretamente na qualidade da silagem. Embora se tenha demonstrado eficaz na modulação da fermentação ruminal, suas utilizações têm sido restringidas em diversas regiões devido a preocupações com a saúde pública e o meio ambiente, relacionadas ao desenvolvimento de resistência bacteriana.

Em razão disso, houve a busca de novos moduladores da fermentação ruminal, com ação seletiva e menor impacto ambiental. A otimização da dieta e a utilização de aditivos que alteram a composição microbiana foram cruciais para alcançar o objetivo. Os óleos essenciais surgem como uma promissora alternativa (CALSAMIGLIA et al., 2007).

## 2.5 Uso de óleo essencial

Óleos essenciais ou essências de plantas aromáticas são líquidos voláteis e concentrados, ricos em compostos bioativos, obtidos a partir de material vegetal, como flores, brotos, sementes, folhas, galhos, cascas, ervas, madeira, frutas e raízes, por meio de técnicas como a expressão a frio, a fermentação ou, mais comumente, a destilação a vapor (Chao et al., 2000; Burt, 2004). O termo "essencial" nos OE refere-se à sua capacidade de conferir aromas e sabores característicos às plantas, refletindo sua complexa composição química e ampla gama de atividades biológicas (Calsamiglia et al., 2007). Possuem propriedades antibacterianas, antifúngicas, antioxidantes (Cowan 1999), inseticidas e antivirais (BASSOLÉ & JULIANI, 2012).

Os OE mais comuns incluem: timol (tomilho e orégano), eugenol (cravo), pineno (zimbros), limoneno (citros), cinamaldeído (canela), capsaicina (pimenta), terpineno (árvore do chá), alicina (alho) e anetol (anis). Determinados óleos essenciais exercem efeitos semelhantes aos antibióticos, selecionando populações microbianas específicas e alterando o perfil de ácidos graxos voláteis produzidos durante a fermentação. Um exemplo dessa possibilidade foi verificado por (KUNG et al., 2008), onde o uso de óleo de cominho (*Cuminum cyminum L.*) estimulou o crescimento de bactérias lácticas, como *Lactobacillus plantarum* e inibiu o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis, como *Clostridium botulinum*, *Saccharomyces cerevisiae* e *Debaryomyces hansenii*

O óleo essencial limoneno, um terpeno amplamente distribuído na natureza, especialmente em frutas cítricas, é um dos principais componentes de diversos óleos essenciais, muito utilizado em razão à sua fragrância cítrica, sendo aplicado como aromatizante em uma variedade de alimentos e bebidas (Sun., 2007). No entanto, existem poucas pesquisas avaliando os efeitos do limoneno na nutrição de ruminantes como seu principal componente (Soares et al., 2023) e bem como em silagens. Além disso, a composição química dos óleos essenciais é altamente variável, sendo influenciada por fatores como tipo de planta, condições climáticas, parte da planta utilizada e método de extração, o que torna complexa a padronização do uso desses compostos como aditivos em silagem (NASCIMENTO, CARLA & PRADE, 2020).

## **2.6 Alteração da composição química das silagens com o uso de monensina e óleos essenciais**

Segundo Susanto et al., (2023), os OE apresentam propriedades antimicrobianas que inibem o processo de transporte de nutrientes ao interferir na permeabilidade da membrana celular para dificultar o crescimento microbiano. Os mesmos autores relataram que a adição de óleo essencial aumentou o conteúdo de matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), indicando maior valor energético da silagem tratada. Concomitantemente, reduzindo o conteúdo de fibra, podendo ser devido à hidrólise ácida parcial da hemicelulose (YITBAREK & TAMIR, 2014) a um menor teor de ácido acético e outros potenciais produtos finais antifúngicos.

O uso de MON e óleo essencial de limoneno (OEL) na formulação de TMR inibe o crescimento microbiano, reduzindo assim as perdas nutricionais. A capacidade de inibir o crescimento de microrganismos indesejáveis contribui para a preservação da qualidade da silagem, reduzindo perdas e garantindo uma silagem mais nutritiva.

### **3. OBJETIVO**

Avaliar o efeito de diferentes doses de monensina e de óleo essencial limoneno sobre o valor nutricional de TMR ensiladas.

#### 4. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa, foi desenvolvida, na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias (FAECA) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) (22° 13' 52,44' 95" S 54° 59' 10, 53' 72" W), localizada no município de Dourados, MS-Brasil (22 ° 11'55" S, 54°56'7 " W e 452 m de altitude). O clima da região é o Cwa (mesotérmico úmido, com verão chuvoso), de acordo com a classificação de Köppen (Fietz & Fisch, 2008).

Foi adotado um delineamento inteiramente casualizado, sendo testadas cinco formas de inclusão dos aditivos: [controle (sem aditivo), MON35 (35 mg monensina/kg MS do produto comercial Rumensin), MON45 (45 mg monensina/kg MS do produto comercial Rumensin), OEL300 (300 mg OE/ kg MS) e OEL600 (600 mg OE/kg MS)]. Foram realizadas quatro repetições por tratamento, totalizando 20 silos experimentais.

A TMR foi formulada para atender as exigências nutricionais de vacas lactantes, com produção estimada de 15 kg de leite/dia, peso médio de 500 kg e consumo médio de 14 kg MS/dia, seguindo as recomendações do NRC, (2001). A proporção dos ingredientes utilizados para atender as exigências nutricionais de vacas lactantes e a composição química da dieta estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 Proporção dos ingredientes e composição química das silagens de TMRs com elevado teor de umidade.

Ingredientes	% da MS
Sorgo Forrageiro	46,56
Milho grão triturado	28,67
Farelo de soja	22,46
Calcário calcítico	1,18
Fosfato bicálcico	1,11
Sal comum	0,02
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
MS, % MN	30,48
PB, % MS	16,76
FDN, % MS	37,74
Amido, % MS	20,00
EE, % MS	3,59

MM, % MS	7,13
Lignina, % MS	3,77
CNF, % MS	36,18
CT, meqg NaOH/100g MS	29,32
NDT, % MS	98,75
pH	6,3

MN = matéria natural; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; CNF = carboidrato não fibroso; CT = capacidade tampão; NDT = nutrientes digestíveis totais.

Foi utilizado o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* L. Moench) como fonte de volumoso da TMR. Para o concentrado, foram utilizados os seguintes ingredientes: milho moído, farelo de soja, fosfato bicálcico, calcário calcítico e sal comum. Posteriormente, misturou-se o concentrado com o volumoso para a formulação da TMR. Os aditivos a serem testados e suas respectivas doses foram previamente incorporados ao concentrado para facilitar a mistura e garantir uma distribuição mais homogênea em toda massa a ser ensilada. A mistura do volumoso com o concentrado proporcionou uma TMR com teores médios de MS de 41% assim, para obter TMRs com teor de MS de 30% foi adicionado 0,4 litros de água destilada sobre o material que foi utilizado para o enchimento de cada silo experimental. Para evitar a formação de efluentes, o material foi muito bem homogeneizado durante a adição de água..

Como silos experimentais, foram utilizados tubos de PVC (10 cm de diâmetro e 50 cm de altura) com volume útil de 3,8 L. O material foi compactado manualmente com auxílio de bastões de madeira. As TMRs apresentaram densidade de compactação média de 897 kg de MV/m<sup>3</sup>. No fundo de cada silo, havia uma camada de aproximadamente 4,5 cm de areia (300 g) para a drenagem dos efluentes. Utilizou-se uma malha fina de tecido de algodão para evitar o contato da forragem com a areia. Após o enchimento, os silos foram lacrados com lona plástica dupla-face (preta e branca) e fita adesiva e armazenados em laboratório à temperatura ambiente por 90 dias.

Durante o enchimento dos silos foi coletada uma amostra da TMR de cada tratamento (aproximadamente 300 g) para determinar a composição química do material inicial. Após a abertura, todo o material contido em cada silo experimental foi retirado e homogeneizado para a coleta de amostras das silagens de TMR. Uma amostra de aproximadamente 300 g de cada silo experimental foi enviada ao laboratório para análise da composição química e bromatológica. A composição química das TMRs foi determinada em espectrofotômetro modelo Foss 5000 (Eden Prairie, MN, USA) utilizando a calibração (WinISI version 4.6.11, FOSS Analytical A/S, Denmark) para determinar as concentrações de: matéria seca (MS), proteína bruta (PB), proteína solúvel (PS),

proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN); proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA); proteína degradável no rúmen (PDR); proteína não degradável no rúmen (PNDR); fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), amido, lignina, carboidratos não fibrosos (CNF), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), nutrientes digestíveis totais (NDT). A digestibilidade *in vitro* da MS (DIVMS) foi determinada de acordo com (Tilley & Terry, 1963).

Os dados foram analisados por meio do programa estatístico R Studio (R, 2009). As médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 5% de significância.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados mostram que a administração de silagem enriquecida a com OEs afetou significativamente alguns parâmetros (Tabela 2).

Tabela 2. Composição química-bromatológica das silagens de TMRs para vacas lactantes submetidas a diferentes doses de MON e OEL.

Parâmetros	Controle	MON35	MON45	OEL300	OEL600	EPM	P valor
MS, % da MN	30,40	31,62	31,52	29,20	29,67	0,711	0,104
PB, % da MS	16,05b	16,45b	16,65b	16,70b	17,92a	0,329	0,013
PS, % da PB	49,50	50,75	52,25	49,75	52,00	1,444	0,568
PIDN, % da PB	18,12	17,82	17,25	16,00	17,07	1,182	0,749
PIDA, % da PB	4,85	5,92	5,12	4,80	4,90	0,680	0,756
PDR, % da PB	75,75	73,75	71,50	73,25	71,50	1,355	0,199
PNDR, % da PB	24,25	26,25	28,50	26,75	28,50	1,355	0,199
FDN, % da MS	40,17	38,70	37,30	36,02	36,52	1,251	0,175
FDA, % da MS	26,07	24,90	24,70	23,92	23,47	0,583	0,056
Amido, % da MS	17,45	19,35	19,77	20,95	22,50	1,143	0,070
Lignina, % da MS	3,80	3,35	3,95	3,60	4,15	0,340	0,528
CNF, % da MS	34,65	35,90	36,02	37,70	36,62	1,065	0,396
EE, % da MS	3,27	3,67	3,87	3,67	3,45	0,141	0,072
MM, % da MS	6,70b	6,62b	7,37a	7,00b	7,92a	0,286	0,032
NDT, % da MS	68,50	70,25	69,00	70,00	68,00	0,910	0,385
DIVMS, % da MS	70,50b	80,25a	75,11b	71,88b	73,58b	1,411	0,002

TMR sem uso de aditivo (controle); TMR com 35 mg MON/kg MS (MON35); TMR com 45 mg MON/kg MS (MON45); TMR com 300 mg OEL/kg MS (OEL300); TMR com 600 mg OEL/kg MS (OEL600); MN = matéria natural; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; PS = proteína solúvel; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; PDR = proteína degradável no rúmen; PNDR = proteína não degradável no rúmen; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; CNF = carboidratos não sfibrosos; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; NDT = nutrientes digestíveis totais; DIVMS = digestibilidade *in vitro* da matéria seca; Médias seguidas por diferentes letras diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. EPM = Erro padrão da média; P = valor de P.

Foram observadas diferenças ( $P < 0,05$ ) significativas nos parâmetros de PB, MM e DIVMS entre os tratamentos testados. Para o teor de PB, o tratamento OEL 600 obteve o maior valor (17,92% PB na MS) sendo esse valor em média 8% maiores que os demais tratamentos testados. O mesmo comportamento foi observado por Besharati Maghsoud et al (2021), quando utilizaram OEL de semente de limão na dose de 120 ml/kg MS na ensilagem de alfafa. Os autores encontraram valores de 12,5% para os teores de PB das silagens com OEL 120 em comparação com o tratamento controle que apresentou 11% PB na MS. Segundo os autores Hodjatpanah & Montazeri (2016), o uso de óleo essencial pode limitar o crescimento de bactérias indesejáveis, e, as mesmas ao realizar proteólise vão proporcionar silagens com maiores PB. Isso pode ajudar a explicar porque a dose maior de óleo essencial limoneno 600mg/kg MS proporcionou silagens com os maiores teores de PB.

A análise de matéria mineral indicou diferenças estatísticas entre os tratamentos testados. No entanto, a metodologia empregada, que se baseia na determinação por diferença de peso, pode ser suscetível a interferências, como a presença de partículas de areia. Os silos utilizados possuíam uma camada de areia no fundo para a coleta dos efluentes, o que pode ter contaminado as amostras durante a abertura, levando a uma superestimativa do teor de matéria mineral. A análise de perfil mineral seria necessária para identificar os minerais específicos responsáveis por essas diferenças e a determinação de sílica permitiria confirmar a hipótese de contaminação. Adicionalmente, a ausência de diferenças significativas na composição básica da silagem e a otimização do processo fermentativo sugerem que o aumento no teor de matéria mineral poderia não estar relacionado aos tratamentos aplicados.

A monensina mostrou-se eficaz em melhorar a digestibilidade *in vitro* da matéria seca, influenciando positivamente a fermentação e a preservação da forragem. Sua relação com o ácido láctico é complexa e varia de acordo com o ambiente. Na silagem, ela demonstrou ser fundamental para a concentração e otimização da fermentação láctica. Em contrapartida, os óleos essenciais não demonstraram interferência significativa nesse processo.

Observa-se, ainda, que a suplementação com OEs na silagem resultou em maiores valores para o teor de proteína não degradável no rúmen (PNDR), entretanto, não foi significativo. Considerando a rápida taxa de passagem do conteúdo ruminal em vacas leiteiras, o aumento da PNDR é crucial para manter um balanço proteico adequado. O NRC recomenda uma proporção aproximada de 55% de proteína microbiana e 45% de PNDR para otimizar a produção de leite. Ao elevar a PNDR, os OEs contribuem para um melhor aproveitamento da proteína dietética, mesmo em condições de alta taxa de passagem.

A ainda promoveu uma redução do teor de fibra quando comparada aos demais tratamentos. Essa redução corrobora com os resultados do estudo de Besharati Maghsoud et al (2021), que demonstraram que a adição de OE de semente de limão na dose de 120 ml/kg MS promoveu a redução dos teores de FDA e FDN. Os autores encontraram valores de 23% de FDA para tratamento controle e valores de 22% FDA para silagens com OE, já para os teores de FDN foram observados teores de 49% e 47%, respectivamente. Segundo os autores, a redução dos teores de FDN e FDA em silagens suplementadas pode estar associada ao ambiente altamente ácido nesses tratamentos. Essa acidez excessiva, durante o processo de fermentação, pode levar à hidrólise de parte da parede celular.

O parâmetro amido apresentou tendência à significância estatística, com um valor  $p > 0,07$  próximo ao limite de significância de 0,05. Essa observação sugere uma possível associação entre o teor de amido na silagem e a aplicação do OEL 600. As médias do parâmetro amido nas silagens enriquecidas com OEL600 foram superiores em relação aos tratamentos com monensina e controle. Essa discrepância pode ser atribuída ao potencial do OEL em inibir as atividades das enzimas

amilolítica, resultando em um maior teor de amido na silagem final, além de poder favorecer o aumento da atividade microbiana, otimizando a fermentação láctica e a conservação da silagem.

## **6. CONCLUSÃO**

As doses de MON e OEL testadas não interferiram de maneira negativa sobre o valor nutricional da TMR ensilada. A MON35 atuou como um melhorador de digestibilidade na dieta, o que pode acarretar uma absorção eficiente de nutrientes, contribuindo para melhor desempenho dos animais. Já o OEL foi eficaz na preservação da proteína na silagem, além de promover uma redução nos teores de fibra.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. HODJATPANAH-MONTAZERI., M. D. MESGARAN., A. VAKILI & A. M. TAHMASEBI. **Effect of essential oils of various plants as microbial modifiers to alter corn silage fermentation and in vitro methane production.** *Journal of Applied Animal Science*, 2, 269-276, 2016.
- ALVES, J. P., GALEANO JARA, E. S., ORRICO JUNIOR, M. A. P., FERNANDES, T., RETORE, M., SILVA, M. S. J., ORRICO, A. C. A., & LOPES, L. S. **The influence of plant age and microbes-enzymatic additives on fermentation of total mixed ration silages of capiaçu grass (*Pennisetum purpureum*, Schum).** *Tropical Animal Science Journal*, 45(1), 56–63, 2022.
- AUSTRAL DE CHILE, U. et al. *Archivos de Medicina Veterinaria*. **Effect of ensiling a total mixed ration on feed quality for cattle in smallholder dairy farms.** *Archivos de Medicina Veterinaria*, v. 47, n. 2, p. 225–229, 2015.
- BASSOLÉ, I. H. N., & JULIANI, H. R. **Essential oils in combination and their antimicrobial properties.** *Molecules*, v. 17, n. 4, p. 3989–4006, 2 abr. 2012.
- BESHARATI, M.; PALANGI, V.; NIAZIFAR, M.; NEMATI, Z. **Optimization of dietary lemon seed essential oil to enhance alfafa silage chemical composition and in vitro degradability.** *Semin. Argrar.*, 42 (2), 891–906, 2021.
- BUENO, A. V. I., LAZZARI, G., JOBIM, C. C., & DANIEL, J. L. P. **Ensiling total mixed ration for ruminants: A review.** *Agronomy*, 10(6), 2020.
- BURT, S. **Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review.** *International Journal of Food Microbiology*, v. 94, n. 3, p. 223–253, ago. 2004.
- CALSAMIGLIA, S., M, BUSQUET., P.W. CARDOZO & L. CASTILLEJOS, A. FURÃO. **Invited Review: Essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation.** *Journal of Dairy Science*, v. 90, n. 6, p. 2580–2595, 1 jun. 2007.
- CHAO, S. C., YOUNG, D. G., OBERG, & C. J. **Screening for inhibitory activity of essential oils on selected bacteria, fungi and viruses.** *Journal of Essential Oil Research*, v. 12, n. 5, p. 639–649, set. 2000.
- COWAN, M. M. **Plant products as antimicrobial agents.** *Clinical microbiology reviews*, v. 12, n. 4, p. 564–582, 1 out. 1999.
- DE MOURA, D. C. et al. **Meta-analysis of the effects of ionophores supplementation on dairy cows performance and ruminal fermentation.** *Livestock Science*, v. 254, p. 104729, 5 out. 2021.

- EMBRAPA. **Produção e manejo de silagem.** [s.l: s.n.]. São Carlos, 1998. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/44489/1/PedrosoAF8552.pdf>>
- EMBRAPA GADO DE CORTE. **Silagens de forrageiras tropicais.** Campo Grande, 2001 Disponível:<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/139274/1/Gado-de-Corte-Divulga-51.pdf>.
- FIETZ, C. R. & FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS.** Embrapa Agropecuária Oeste, 92(2), 32, 2008.
- FOSKOLOS, A., CAVINI, S., FERRET, A., & CALSAMIGLIA, S. **Effects of essential oil compounds addition on ryegrass silage protein degradation.** Canadian Journal of Animal Science, 96(2), 100–103, 2016.
- HUUSKONEN, A. K., PESONEN, M., & JOKI-TOKOLA, E. **Effects of supplementary concentrate level and separate or total mixed ration feeding on performance of growing dairy bulls.** Ciência Agrícola e Alimentar, 23(4), 257–265, 2014.
- KUNG, L. et al. **A blend of essential plant oils used as an additive to alter silage fermentation or used as a feed additive for lactating dairy cows.** Journal of Dairy Science, v. 91, n. 12, p. 4793–4800, dez. 2008.
- LALA, B. et al. **Silage process additives.** v. 4, n. 3, p. 175–175, 25 nov. 2010.
- LAZZARI, G., POPPI, A. C. O., MACHADO, J., BUENO, A. V. I., GOMES, A. L. M., JOBIM, C. C., & DANIEL, J. L. P. **Effects of protein source and lipid supplementation on conservation and feed value of total mixed ration silages for finishing beef cattle.** Journal of Animal Science, 99(2), 1–13, 2021. <https://doi.org/10.1093/jas/skab032>
- MCGUFFEY, R. K., RICHARDSON, L. F., & WILKINSON, J. I. D. **Ionophores for dairy cattle: current status and future outlook.** Journal of Dairy Science, 84, E194–E203, 2021. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(01\)70218-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(01)70218-4)
- MIYAJI, M., MATSUYAMA, H., & NONAKA, K. **Effect of ensiling process of total mixed ration on fermentation profile, nutrient loss and in situ ruminal degradation characteristics of diet.** Animal Science Journal, 88(1), 134–139, 2017. <https://doi.org/10.1111/asj.12610>
- MUCK, R. E. **Factors influencing silage quality and their implications for management.** Journal of Dairy Science, v. 71, n. 11, p. 2992–3002, nov. 1988.
- NASCIMENTO, A.; CARLA, A.; PRADE, K. **Aromaterapia: o poder das plantas e dos óleos essenciais.** n244a, 2020. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://fitoterapiabrasil.com.br/sites/default/files/documentos-oficiais/cuidado-integral-na>

[covid-aromaterapia-observapics.pdf](#)>.

- NRC. **Nutrient requirements of dairy cattle.** (7th ed.). National Academy Press, 2001.
- RICHARDSON, L. F. et al. **Effect of monensin on rumen fermentation in vitro and in vivo.** Journal of Animal Science, v. 43, n. 3, p. 657–664, 1 set. 1976.
- SARKER, N. R. et al. **An on-farm study for feeding impact of total mixed ration (TMR) in milking cow.** Revista atual de ciência aplicada e tecnologia, p. 1–8, 2019.
- SCHINGOETHE, D. J. **A 100-Year Review: Total mixed ration feeding of dairy cows.** Journal of Dairy Science, 100(12), 10143–10150, 2017. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12967>
- SOARES, L. C. B. et al. **Doses of orange (Citrus sinensis) essential oil for nellore steers fed with a forage-based diet.** Livestock Science, v. 277, p. 105357, 11 out. 2023.
- SUHARTIS., ALIYAH D. N., & SURYAHADIS. **Karakteristik fermentasi rumen In vitro dengan penambahan sabun kalsium minyak nabati pada buffer yang berbeda.** Journal Ilmu Nutrisi Dan Teknologi Pakan, 16(3), 56-64, 2019.
- SUN, J. **D-Limonene: Safety and clinical applications.** Alternative Medicine Review, v. 12, p. 2007.
- SUSANTO, I., RAHMADANI, M., WIRYAWAN, K. G., LACONI, E. B., & JAYANEGARA, A. **Evaluation of essential oils as additives during fermentation of feed products: A Meta-Analysis.** Fermentation, 9(7), 1–14, 2023. <https://doi.org/10.3390/fermentation9070583>
- TILLEY, J. M. A., & TERRY, R. A. **A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops.** Grass and Forage Science, 18, 104–111, 1963.
- WANG, F., & NISHINO, N. **Ensiling of soybean curd residue and wet brewers grains with or without other feeds as a total mixed ration.** Journal of Dairy Science, 91(6), 2380–2387, 2008.
- WANG, J. et al. **Effect of storing total mixed rations anaerobically in bales on feed quality.** Animal feed science and technology, v. 161, n. 3-4, p. 94–102, 1 nov. 2010.
- YITBAREK, M. B.; TAMIR, B. **Silage additives: Review.** Open Journal of Applied Sciences, v. 04, n. 05, p. 258–274, 2014.