

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA - *CAMPUS* URUGUAIANA
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL

Lisandro Oliveira Freitas

**PARÂMETROS NUTRICIONAIS EM OVINOS SUBMETIDOS À DIETA
COM PASTAGENS NATURAIS MANEJADAS COM
DIFERENTES ALTURAS**

Uruguaiana, RS, Brasil
2024

Lisandro Oliveira Freitas

**PARÂMETROS NUTRICIONAIS EM OVINOS SUBMETIDOS À DIETA COM
PASTAGENS NATURAIS MANEJADAS COM DIFERENTES ALTURAS**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciência Animal, da Universidade Federal do Pampa, como requisito final na obtenção de título de **Mestre em Ciência Animal**.

Orientador: Prof. Dr Eduardo Bohrer de Azevedo

Co-orientador: Dr Ignácio De Barbieri

Uruguaiana, RS
2024

LISANDRO OLIVEIRA FREITAS

**PARÂMETROS NUTRICIONAIS EM OVINOS SUBMETIDOS À DIETA COM
PASTAGENS NATURAIS MANEJADAS COM
DIFERENTES ALTURAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência Animal.

Dissertação defendida e aprovada em: 27 de março de 2024.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Bohrer de Azevedo Orientador
UFSM

Prof. Dr. Diego Bitencourt de David UNIPAMPA

Prof. Dr. Pablo de Souza Castagnino UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **EDUARDO BOHRER DE AZEVEDO, PROFESSOR MAGISTÉRIO SUPERIOR**, em 28/05/2024, às 18:54, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **PABLO DE SOUZA CASTAGNINO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/05/2024, às 21:06, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **DIEGO BITENCOURT DE DAVID, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/05/2024, às 21:22, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1452378** e o código CRC **DAFAF5E5**.

AGRADECIMENTOS

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

A realização deste trabalho ocorreu graças à dedicação e empenho de várias pessoas que estão imbuídas no processo de evolução das pesquisas na área da produção animal, em especial ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal . Agradeço a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para gerar este estudo, em especial:

Ao meu orientador Dr. Eduardo Bohrer de Azevedo pela oportunidade de pesquisa na área de produção animal e ao meu co-orientador Dr. Ignácio de Barbieri por disponibilizar as instalações e recursos do Instituto Nacional de Investigación Agropecuária (INIA) para que fosse realizado este estudo ;

Ao Grupo de Pesquisa em Nutrição de Ruminantes da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) pelo comprometimento e dedicação no apoio para a realização e funcionamento do experimento;

À Instituição Pública de Ensino gratuito pela oportunidade desenvolver e concretizar este estudo;

Aos professores e funcionários da Universidade Federal do Pampa (Unipampa) e do Instituto Nacional Investigación Agropecuária (INIA) pela contribuição em minha jornada acadêmica de pós-graduando;

Enfim, a todos aqueles que de uma forma ou de outra tornaram minha caminhada acadêmica menos penosa e fazem parte de meu cotidiano enriquecendo minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

PARÂMETROS NUTRICIONAIS EM OVINOS SUBMETIDOS À DIETA COM PASTAGENS NATURAIS MANEJADAS COM DIFERENTES ALTURAS

AUTOR: Lisandro Oliveira Freitas

ORIENTADOR: Eduardo Bohrer de Azevedo

Este trabalho teve como objetivo avaliar as diferentes alturas de estruturas vegetais em pastagens naturais do bioma Pampa e suas características relacionadas à parâmetros nutricionais, balanço de nitrogênio e emissão de metano quando utilizadas em dietas para ovinos. Por meio deste, buscou-se identificar uma altura ideal para utilização de pastagens naturais que se obtenha melhor eficiência alimentar avaliando as perdas durante os processos metabólicos quando submetidos à dietas em pastagens naturais em três alturas: 8, 12 e 16 cm, relacionando com a qualidade da forragem oferecida na dieta para ovinos. Foram utilizados quinze ovinos machos com média de peso de 43,78 kg e com desvio padrão de 3,26 kg confinados em gaiolas de metabolismo. Durante a avaliação houve um período de adaptação à dieta de 16 dias e mais cinco dias para as coletas de amostras de fezes, urina, emissão de gases e líquido ruminal. Na avaliação foram coletados dados relacionados a composição bromatológica da dieta, consumo de forragem, emissão de metano, digestibilidade, balanço energético e balanço de nitrogênio. Os dados foram analisados pela análise de regressão linear e quadrática, tomando como grau de significância de 5%. Os resultados tiveram valores semelhantes para a maioria dos parâmetros, porém a digestibilidade da matéria seca foi maior no tratamento de 8 cm de altura do dossel, o consumo de FDN obteve maior média no tratamento 12 cm do dossel enquanto que a produção de propionato foi maior no tratamento com 16 cm de dossel. Este estudo constata que a altura do dossel da forrageira em 8 cm tem influência positiva na digestibilidade da dieta, a produção de propionato é maior em alturas de 16 cm e a retenção de nitrogênio é maior em 12 cm na dieta de pequenos ruminantes.

Palavras-chaves: balanço de nitrogênio. Bioma Pampa. consumo de nutrientes. digestibilidade. metano

ABSTRACT

NUTRITIONAL PARAMETERS IN SHEEP FEED WITH NATURAL PASTURES HERBAGE MANAGED WITH DIFFERENT SWARD HEIGHTS

This work aimed to evaluate the different sward heights of natural pastures in the Pampa biome and their characteristics related to nutritional parameters, nitrogen balance and methane emission when used in sheep diets. Through this, we sought to identify an ideal time for the use of natural pastures to obtain better feed efficiency by evaluating losses during metabolic processes when subjected to diets on natural pastures at three sward heights: 8, 12 and 16 cm, relating it to the quality of the forage offered in the diet for sheep. Fifteen male sheep with an average weight of 43.78 kg and a standard deviation of 3.26 kg were used, confined in metabolism cages. During the evaluation there was a period of adaptation to the diet of 16 days and another five days for collecting samples of feces, urine, gas emissions and rumen fluid. During the evaluation, data related to the chemical composition of the diet, forage intake, methane emission, digestibility, energy balance and nitrogen balance were collected. The data were analyzed using linear and quadratic regression analysis, taking 5% as a significance level. The results had similar values for most parameters, however, dry matter digestibility was higher in the sward height treatment of 8 cm, NDF intake had a higher average in the sward height treatment of 12 cm, while propionate production was higher in the treatment with 16 cm of canopy. This study finds that the sward height of the herbage at 8 cm has a positive influence on diet digestibility, propionate production is greater at heights of 16 cm and nitrogen retention is greater at 12 cm in the diet of small ruminants.

Keywords: digestibility. methane. nitrogen balance. nutrient intake. Pampa Biome.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Linha do tempo sobre o cronograma das atividades desenvolvidas...24

Figura 2 - Censo botânico de pastagens naturais do bioma Pampa em diferentes alturas.....28

LISTA DE TABELAS

1 - Composição botânica e consumo de componente botânico de ovinos confinados em uma dieta de pastagem natural em três diferentes níveis de altura.....	30
2 . Composição bromatológica da forragem de campo natural oferecida aos ovinos em três diferentes níveis de altura.....	31
3. Consumo de nutrientes, digestibilidade e conteúdo energético da forragem de diferentes alturas de campo natural do bioma Pampa oferecidos à ovinos.....	32
4. Emissão e rendimento de metano em ovinos alimentados com pastagem naturais em diferentes alturas.....	32
5. Partição e utilização da energia por ovinos em dieta de campo natural manejado em diferentes alturas.....	33
6. Proporções de ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs) e amônia ruminal de ovinos alimentados com pastagens naturais em diferentes alturas.....	34
7. Consumo, balanço e produção de nitrogênio de ovinos em dieta de campo natural manejado em diferentes alturas.....	35

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS -----	7
LISTA DE TABELAS -----	8
1. INTRODUÇÃO -----	10
2. REVISÃO DE LITERATURA -----	12
2.1. PASTAGENS NATURAIS E SEU USO NA PRODUÇÃO ANIMAL-----	12
2.2. MANEJOS APLICADOS AO PASTOREIO EM PASTAGENS NATURAIS-----	13
2.3. CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DOS REBANHOS EM PASTAGENS NATURAIS-----	16
2.4. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DOS REBANHOS EM PASTAGENS NATURAIS-----	21
3. JUSTIFICATIVA -----	23
4. HIPÓTESE -----	23
5. OBJETIVOS -----	24
5.1.OBJETIVOS GERAIS-----	24
5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS-----	24
6. MATERIAIS E MÉTODOS -----	24
7. RESULTADOS -----	29
8. DISCUSSÃO -----	36
9. CONCLUSÃO -----	40
10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -----	41

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda alimentar pela população mundial vem sendo um dos principais desafios para as cadeias produtivas de alimentos, uma vez que o crescimento populacional passou dos 2 bilhões para 8 bilhões nos últimos 50 anos (RITCHIE et al., 2023) aumentando de forma exponencial a produção de alimentos exigindo maior eficiência no uso da terra e no rendimento das culturas. A produção de carne é um dos principais contribuintes na nutrição humana e nas últimas décadas triplicou a produção passando a 350 milhões de toneladas ano, este aumento na produção exige maior quantidade de recursos e aumenta o impacto ambiental como a produção de gases de efeito estufa e o uso da água (RITCHIE et al., 2019).

Diante deste cenário o uso de áreas com menor fertilidade e que possuem características edafoclimáticas desfavoráveis à agricultura vêm sendo exploradas com a atividade pastoril ao longo dos anos (BAGGIO et al., 2021). Os biomas que se enquadram nestas características destacam-se as pradarias e as planícies com vegetação rasteira e solos rasos que mesmo por apresentarem uma diversidade de espécies forrageiras são desprezados para a exploração agrícola (PARR et al., 2014). Estas áreas apresentam distintas características de relevo, clima e condições de solo, porém a vegetação apresenta características próprias para alimentação das espécies pastadoras. A manutenção destes biomas é alvo de estudos de diversos pesquisadores que buscam um equilíbrio entre a produção animal e a preservação das espécies forrageiras.

Um destes biomas é o Pampa que historicamente foi utilizado para a atividade pastoril desde o século XVIII com a chegada dos padres jesuítas que espalharam o gado chimarrão para alimentar os mais de 7 mil habitantes dos povos missioneiros (PILLAR, 2009). As pastagens naturais do bioma Pampa têm sido de grande importância para o desenvolvimento da pecuária pastoril regional onde datam desde os primórdios rebanhos selvagens espalhados pelas vastas planícies para abastecimento da população dos povos missioneiros (SUERTEGARAY, 1987) até os tempos atuais em que se busca uma pecuária extensiva com um apelo

voltado para uma produção sustentável, levando ao mercado consumidor um produto diferenciado pelo seu sistema de produção.

A manutenção desse bioma é dependente de ações que controlem o crescimento da vegetação, como o uso da atividade pastoril de animais ruminantes que se associa ao aspecto econômico regional e mantendo as características ambientais locais. A utilização consciente dos recursos naturais do bioma Pampa é um tema que merece um estudo mais aprofundado por se tratar de um ecossistema com uma biodiversidade de espécies de plantas forrageiras com alta heterogeneidade (NABINGER et al., 2017).

A conscientização sobre a lotação animal nesse bioma ainda é um tema que deve ser estudado tanto para melhorar os dados produtivos dos rebanhos como para a preservação das espécies forrageiras que compõem a vegetação desse bioma (CEZIMBRA et al., 2021). O uso da altura do dossel da forragem como ferramenta para otimizar os ganhos produtivos e na mitigação dos gases de efeito estufa poderá ser uma tecnologia fácil e de baixo custo para otimizar a produção animal no bioma Pampa.

A utilização de manejos adequados de pastoreio em áreas de campos naturais poderá representar inúmeras vantagens em relação ao sequestro de carbono assim como a intensidade de pastejo baixa a moderada colaboram para diminuir a emissão de gases de efeito estufa (ZUBIETA et al., 2020). Os melhores índices de desempenho animal também conseguem reduzir a idade de abate tornando a atividade mais eficiente.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. PASTAGENS NATURAIS E SEU USO NA PRODUÇÃO ANIMAL

As áreas de pastagens naturais representam 25% do planeta e sua utilização pelas espécies pastadoras, principalmente os ruminantes, compõem 90% da energia alimentar consumida pelos herbívoros. Diante deste cenário, as forragens contribuem indiretamente na produção de alimentos para a população humana sem grande interferência na produção direta de alimentos (HOPKINS & WILKINS, 2006). Os biomas que compreendem as pastagens naturais caracterizam-se por sua fragilidade e dependência do equilíbrio entre as espécies. Os tipos de biomas presentes no planeta apresentam biodiversidade de espécies forrageiras categorizadas de acordo com o relevo, clima e estrutura de solo (LANDIS et al., 2021). Desta forma, a funcionalidade das espécies forrageiras como fonte de energia pelos herbívoros está relacionada diretamente pela sua utilização, principalmente quando explorada como atividade agropastoril.

Na América do sul, entre o sul do Brasil, norte da Argentina e praticamente todo o território uruguaio estende-se um bioma com características de planície levemente ondulada caracterizada por campos temperados e subtropicais compostos por espécies heterogêneas que são classificadas de acordo com o tipo de solo e intensidade de pastejo (JAURENA et al., 2021). Este bioma é denominado Pampa e apresenta uma estrutura ótima para utilização como atividade pastoril de espécies ruminantes, mesmo no território brasileiro que possui características de floresta em sua maioria, existem alguns biomas isolados que não se enquadram nesta classificação, e são representados por estas planícies como campos naturais (OVERBECK et al., 2015).

A vegetação do bioma Pampa possui diversidade característica por apresentar espécies estivais estoloníferas que durante as estações mais frias permanecem em período de dormência, brotando na primavera quando alcançam o pico de produção forrageira. As mais frequentes são *Schizachyrium spicatum*, *Chloris grandiflora*, *Eragrostis neesii*, *Eustachys bahiensis*, *Paspalum dilatatum*, *Paspalum notatum*, *Stipa setigera*, *Andropogon ternatus*, *Bromus auleticus*, *Piptochaetium stipoides*, *Microchloa indica*, *Bouteloua megapotamica*, *Aristida venustula*, *Dichondra microcalyx*, *Oxalis sp* e *Selaginella sp* (PILLAR, 2009). Estas

espécies dividem-se em C3 e C4 de acordo com a sua característica de respiração (FEDRIGO et al, 2022), quando estão em um ambiente heterogêneo e competem nutricionalmente. As plantas do tipo C4 são dominantes pela sua adaptação a solos rasos, de baixa fertilidade, conseguem se recuperar mais rápido em situações de superpastejo, são mais eficientes na atividade fotossintética, no uso da água e do nitrogênio mas possuem menor valor nutricional (NÚÑEZ et al., 2022).

O agrupamento dessas espécies forma um estrato forrageiro complexo onde o equilíbrio entre elas define o tipo de manejo que será utilizado para controlar seu crescimento. Um destes manejos é a classificação em tipos funcionais (SANTOS et al., 2013). Esta classificação agrupa espécies que possuem uma semelhança no aproveitamento dos recursos, pela sua estrutura morfológica e taxa de acúmulo de matéria seca. Desta forma, dentro do bioma podem ser identificados diferentes microambientes relacionados com as características edafoclimáticas onde apresentarão vegetação com diferentes valores nutricionais em sua composição.

A produção de matéria seca (MS) em campos naturais depende de alguns fatores como a composição botânica, condições climáticas e tipo de solo, para serem utilizadas como aporte forrageiro na nutrição de espécies ruminantes precisa ser estabelecido uma lotação por área baseada nos fatores de produção de matéria seca (NABINGER et al., 2017). Dados produtivos utilizando diferentes tipos de lotação em campo nativo no bioma Pampa, mostraram que ao utilizar uma oferta de forragem entre 8 e 12% do peso vivo o ganho médio diário (GMD) alcançou 0,550 kg/PV na primavera e 0,350 kg/PV no verão/outono e houve uma taxa de acúmulo diário de matéria seca de 16,8 kg/ha (NABINGER et al., 2017). Os dados obtidos em uma oferta ótima de forragem de 13,4% do peso vivo alcançaram média de 0,540 kg/dia de GMD (MOOJEN et al., 2002) diminuindo progressivamente quando aumentou a oferta da forragem.

2.2. MANEJOS APLICADOS AO PASTOREIO EM PASTAGENS NATURAIS

O controle populacional das espécies forrageiras no bioma pampa depende da forma em que é utilizada. Em áreas pastoris este controle está relacionado com a apreensão das espécies que os animais pastadores selecionam durante o pastejo. À

medida que aumenta a pressão de pastejo em uma determinada área, tende a diminuir a população de plantas de estrato baixo com maior valor nutricional (NABINGER et al., 2009).

Os processos de produção em uma pastagem incluem três etapas consideradas primordiais para a transformação de energia do meio em produção animal, são elas: crescimento, utilização e conversão (REIS et al., 2014). Para a etapa de conversão, os processos metabólicos sofridos pelo alimento ingerido, como a degradação química e a ação mecânica no animal são muito relevantes para a determinação da eficiência nutricional de uma forragem.

A altura das pastagens naturais define a sua estrutura, assim como sua composição botânica, pois as diferentes espécies que compõem esta estrutura possuem diferentes composições químicas que interferem no comportamento ingestivo e na digestibilidade do alimento consumido pelas espécies ruminantes (NÚÑEZ et al., 2022).

Ao longo dos anos os estudos buscam avaliar a eficiência da dieta a base de campos nativos, um destes trabalhos observou que vacas manejadas em pastagem de campo natural com estrato forrageiro mais alto, melhorou o desempenho produtivo e o escore de condição corporal (ECC) obtendo melhor eficiência da energia consumida para a produção animal (DO CARMO et al., 2016)

Em um outro estudo, quando a oferta de forragem foi ajustada para 8% do PV na primavera e 12% do PV no verão os resultados de ganho diário de peso vivo (GMD) foram mais substanciais por melhorarem a qualidade da forragem ofertada otimizando sua digestibilidade em bovinos de corte (SOARES et al., 2005). Os campos naturais podem ser manejados em pastoreio contínuo ou rotacionado. Quando opta-se pelo pastoreio contínuo os animais distribuem-se no pasto em uma determinada área enquanto no pastoreio rotacionado a área é dividida por piquetes onde os animais permanecem por um determinado período (COSTA et al., 2022). Pelas características apresentadas nos diferentes tipos de manejo de animais no pasto podemos considerar que no pastoreio contínuo a seleção da forragem oferecida é maior do que no pastoreio rotativo, haja vista que o animal dispõe de uma área maior que possa circular e optar por uma forragem de melhor qualidade, o que favorece o crescimento de plantas de estrutura cespitosa (C4) com menor valor

nutricional (NABINGER et al., 2009).

Quando for utilizado a altura do dossel da pastagem para determinar a taxa de lotação em um pastejo rotacionado, outros aspectos devem ser considerados, como o tipo de relevo, a capacidade de retenção de água no solo, a composição botânica do estrato forrageiro e a categoria de animal que será utilizado (NABINGER et al., 2017). O pastoreio rotacionado ou contínuo não apresentaram diferenças estatísticas entre si quando foram comparados em sistemas de produção (BRISKE et al., 2008) porém em se falando em controle de plantas com menor valor nutritivo o pastoreio rotacionado pode ser uma estratégia válida.

A altura do dossel da pastagem e a massa de forragem impactam diretamente no comportamento de pastejo animal. Quando a massa de forragem é adequada será necessário menor número de bocados para concluir o preenchimento ruminal, com isso o gasto com energia para atividade de pastejo será menor (SODER et al., 2022). A correlação entre a altura da pastagem e a massa de forragem foi positiva em manejo de pastejo com alturas de 4, 8, 12 e 16 cm, porém apresentou correlação negativa entre a altura do pasto e a densidade da forragem (GONÇALVES et al., 2009). À medida que se tem um menor gasto de energia para a coleta de forragem pelo animal a eficiência alimentar passa a ser melhor (AZAMBUJA et al., 2020).

A estrutura da forragem nativa afeta a taxa de desfolha e interfere no comportamento ingestivo pela oportunidade de pastejo pois quando a altura da pastagem está relacionada com a densidade de folhas, quando a altura da forragem foi entre 4 e 8 cm a ingestão de lâmina foliar pelos animais foi maior. Observa-se também que em estratos maiores os animais tendem a selecionar mais as folhas do estrato superior mas a taxa de bocado diminui em virtude do teor de fibra do estrato superior (GONÇALVES et al., 2009).

A relação qualitativa da forragem em relação ao pastejo corresponde a camada representada pela porção foliar. Quando o percentual de hastes for maior, a taxa de consumo de forragem diminui em consequência às restrições físicas e dificuldade que o animal enfrenta para coletar durante o pastejo (BERCHIELLI et al., 2011). Em uma situação de alta taxa de matéria seca na forragem a composição

deverá ser considerada, pois quando apresentar um percentual elevado de material senescente irá afetar a consistência e oferecer maior resistência mecânica para a coleta e mastigação, conseqüentemente irá diminuir a taxa de consumo.

O consumo de matéria seca pelos ruminantes é diretamente proporcional à oferta de forragem, por mais que a qualidade da forragem esteja comprometida pela heterogeneidade e sua digestibilidade, quando aumenta-se a oferta o consumo aumenta e conseqüentemente os ganhos individuais tendem a ser maiores. Neste contexto, podemos afirmar que a eficiência de colheita da forragem é a matéria seca consumida pelo animal em relação à matéria seca ofertada (NABINGER et al., 2017).

2.3. CARACTERIZAÇÃO NUTRICIONAL DOS REBANHOS EM PASTAGENS NATURAIS

Os campos naturais do bioma Pampa possuem uma notável diferença em sua composição botânica e valor nutricional, quando os fatores edafoclimáticos são diferentes e interferem na qualidade da forragem a produção de matéria seca torna-se dependente da oferta diária de forragem em que é manejado o pastejo pois a taxa de desfolha está relacionada com a lotação (MOOJEN et al., 2002).

A composição morfológica de uma forragem é determinada pelo percentual de folhas, caules e material senescente que ela apresenta, levando em conta esses parâmetros a quantidade de forragem está diretamente relacionada com o percentual de matéria verde pois é parte em que há maior concentração de nitrogênio e menor teor de lignina na parede celular vegetal (NÚÑEZ et al., 2022). Dentro desses aspectos, a qualidade da forragem durante o ano possui uma variabilidade significativa por estar relacionada com as condições climáticas e seu estágio morfológico, alterando sua digestibilidade pelos diferentes teores de fibra que apresenta ao longo do seu ciclo de produção.

Os ruminantes desenvolveram uma simbiose em seu pré-estômago com microrganismos capazes de secretar enzimas que digerem a fibra de carboidratos estruturais de origem vegetal (celulose e hemicelulose) estando condicionada ao teor da composição da forragem para que seja determinada a disponibilidade da fibra efetiva da dieta, ou seja, a porção de fibra ingerida subtraída da fibra excretada

pelos animais. A microbiota ruminal utiliza o carboidrato da dieta para a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) através da fermentação ruminal sendo os principais ácidos produzidos o acetato, propionato e o butirato (BERCHIELLI et al., 2011).

A partição da energia acontece na metabolização animal de acordo com sua utilização e é medida em megajoules (Mcal) ou megacalorias (Mcal). A energia bruta (EB) é a que está contida nos alimentos e que pode ser transformada em calor, dióxido de carbono (CO₂) e água (H₂O), a energia digestível aparente (ED) é a porção ingerida pelo animal subtraindo a energia excretada nas fezes, já a energia metabolizável (EM) é a energia digestível subtraída da parte eliminada na urina e nos gases (BERCHIELLI et al., 2011).

A dieta dos ruminantes leva em consideração a necessidade de manutenção e o ganho para produção, seja de carne, leite ou lã. Para estimar estes requerimentos alguns modelos nutricionais foram desenvolvidos com base na necessidade diária dos animais em energia e proteína, levando em consideração o peso metabólico dos animais (PV^{0,75}). Em termos práticos, podemos considerar a exigência energética para gado de corte de 43 kcal/kg de PV^{0,75} e para ovinos 106 kcal/kg de PV^{0,75} (CSIRO, 2007).

O teor de proteína bruta (PB) da forragem é dependente da composição botânica do estrato forrageiro, quando o estrato apresenta maior número de espécies da família das fabaceae tende a apresentar maior percentual de PB. Os teores de proteína bruta quando considerados os grupos funcionais obtiveram 7,32, 7,66, 8,41 e 6,04 nos grupos A, B, C e D respectivamente (SANTOS et al., 2013). Diante destes requisitos poderá ser estimada a proteína bruta (PB) e a digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (DIVMO) destes subgrupos onde estratos que apresentam maior taxa de MS resultaram em uma diminuição da DIVMO e da PB por possuírem maior densidade foliar e conseqüentemente mais material que compoem a parede celular (lignina, celulose e hemicelulose).

As exigências de proteína para manutenção em ruminantes considera a reposição tecidual da descamação do epitélio intestinal, as perdas de nitrogênio endógeno urinário e a excreção de nitrogênio metabólico fecal (RESENDE et al., 2008). De acordo com os modelos nutricionais a exigência de proteína para

manutenção considera o somatório das perdas na urina de $0,147PC + 3,375$ (g/d), perdas pelo metabolismo fecal $15,2$ g/kg de CMS/d e as perdas pela descamação intestinal $0,2$ g/kg de $PC^{0,6}$ (NRC, 2007). Para estimativa de proteína metabolizável deve-se dividir pela eficiência de utilização (67% para perdas fecais e urinárias e 60% pelas perdas pela pele).

O balanço do nitrogênio entre a ingestão, a excreção e o que é metabolizado nos tecidos, está relacionado com a proteína bruta da dieta que pode ser digerida pela ação das enzimas produzidas na microbiota ruminal (PDR) na forma de aminoácidos, peptídeos e amônia, ou pode ser desaminadas pela ação dos ácidos estomacais (PNDR) e absorvida no epitélio intestinal (BERCHIELLI et al., 2011). A PDR colabora para a síntese microbiana que então passa a ser chamada de proteína microbiana (Pmic). Ao passar pelo abomaso a Pmic sofre a desaminação pela ação dos ácidos e é absorvida na forma de aminoácidos e peptídeos.

A amônia oriunda da ação das enzimas da microbiota poderá se acumular no rúmen quando houver *déficit* de energia que então transpassa a parede ruminal chegando à corrente sanguínea e metabolizada no fígado, onde retorna pela saliva e pelo sangue em forma de ureia até o ambiente ruminal que poderá ser reciclada pela microbiota como fonte de nitrogênio para a reprodução bacteriana (DIJKSTRA et al., 2005). Desta maneira a proteína da dieta em excesso poderá ser um fator negativo se não houver um aporte energético adequado.

O consumo de forragem pelos animais é diretamente proporcional à oferta de forragem que atinge seu ponto máximo quanto a capacidade de ingestão do animal, porém em uma mesma altura de estrato forrageiro ocorrem diferentes taxas de consumo (CARVALHO et al., 2000). O comportamento ingestivo tem uma relação direta com a composição botânica do estrato forrageiro, onde as espécies mais seletivas consomem menor quantidade de matéria orgânica mas com maior valor nutritivo.

Ao avaliar o comportamento de pastejo de novilhas a campo foi elaborada uma classificação por classe baseada na forma e composição do bocado (AZAMBUJA et al., 2020). Este estudo apresentou a divisão de classes de acordo com o bocado do animal no pasto onde a classe 1 representa o pastejo em uma altura baixa (4 cm) maior taxa foliar e alta concentração de nutrientes, classe 2 por

estrato intermediário com uma alta concentração de nutrientes porém com consumo moderado por apresentarem compostos tóxicos, classe 3 mordidas mistas e intermediária com maior teor de fibras o que poderá ser um complemento para a classe 1 na primavera e classe 4 representada por mordidas em touceiras grosseiras de baixo valor nutritivo.

Segundo BERCHIELLI (2011) o comportamento de pastejo dos animais estão relacionados com três fatores: 1. os fatores relacionados à qualidade da fibra; 2. a estrutura do dossel forrageiro; 3. o estágio fisiológico da forragem. Sendo assim, quanto menor é o caminho que o animal percorre para pastejar, melhor será a eficiência forrageira pois a demanda energética será menor para esta atividade.

Os fatores citados por BERCHIELLI (2011) estão divididos como nutricionais e não-nutricionais, onde os fatores nutricionais estão relacionados à digestibilidade, composição bromatológica e metabolismo ruminal enquanto que os não-nutricionais têm relação com o comportamento ingestivo dos animais em pastejo. Dentro dos fatores não-nutricionais existem os fatores comportamentais, estes são mais relevantes pois está correlacionado com a capacidade ingestiva do animal, animais menos seletivos em relação a coleta da pastagem tendem a serem menos eficientes pois quando o sistema nervoso sinaliza a sensação de saciedade a ingestão terá uma menor qualidade de fibra em relação aos mais seletivos.

A maior fonte de energia para os ruminantes advém da produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs) na forma de acetato, propionato e butirato a partir do piruvato. O acetato e butirato são utilizados como fonte de energia localizada para transporte através da membrana celular no trato gastrointestinal, o acetato é o ácido precursor da lipogênese, ou seja, deposição de tecido de reserva e gordura do leite. Contrastando com o acetato e o butirato, o propionato é o principal ácido para a via da gliconeogênese como fonte de energia para a produção de glicogênio pela via hepática (DIJKSTRA et al., 2005).

Os animais ruminantes sob pastejo em pastagens naturais desenvolvem uma microbiota com o predomínio de bactéria celulolíticas (*Ruminococcus flavefaciens*, *Ruminococcus albus* e *Fibrobacter succinogenes*) produtoras de enzimas que degradam celulose e a *Butyrivibrio fibrisolvens* que fermenta tanto celulose como a hemicelulose (DIJKSTRA et al., 2005). O pH do ambiente ruminal

apresenta valor perto da faixa de neutralidade (7,0) quando a dieta é baseada em carboidratos estruturais. A presença de protozoários celulolíticos são importantes na manutenção do pH ruminal, pois conseguem ser mais efetivos na degradação de amido e açúcares por sua estrutura e a capacidade de se locomover para áreas de maior concentração destes substratos. Embora os protozoários representem uma pequena porção da microbiota ruminal, eles conseguem produzir uma alta taxa de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) mas são muito sensíveis ao pH ácido (KOZLOSKI, 2021).

A produção de AGCCs está diretamente relacionada ao tipo de carboidrato oferecido na dieta dos ruminantes. Em um estudo comparativo de diferentes dietas em que se utilizou dieta fibrosa, dieta rica em amido e dieta enriquecida com melaço apresentando rendimentos estequiométricos estimados para acetato de 1,34, 0,90 e 0,94 mmol respectivamente e para propionato 0,45, 0,70 e 0,40 mmol respectivamente (BEEVER et al., 1993), assim como os níveis de AGCCs o rendimento de dióxido de carbono é reduzido em dietas ricas em cereais com taxa de transferência de carboidrato para carbono de 78% comparado com a dieta rica em forragem com taxa de 74% de transferência.

A fermentação ruminal é dependente de algumas características como a digestão da fibra, a produção de ácido láctico, a produção de metano e amônia e a síntese de proteína microbiana. Quando há um balanço que possa propiciar um equilíbrio entre estes parâmetros podemos dizer que a atividade microbiana está otimizada no ambiente ruminal (ZHANG et al., 2021).

Os produtos da fermentação ruminal são os ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs) que são absorvidos na parede ruminal chegando até a corrente sanguínea onde são transformados em glicose pelos hepatócitos no fígado que após a glicólise irá produzir o ácido pirúvico para fomentar o ciclo do ácido cítrico para produção de energia (KOZLOSKI, 2021). A altura do dossel da forragem pode alterar as proporções de AGCCs produzidos no rúmen, quando o valor bromatológico referente às fibras degradáveis no rúmen e proteína bruta da forragem foram diferentes entre as alturas da pastagem (NUÑES et al., 2022). A composição botânica das espécies irá variar de acordo com as diferentes alturas causando impacto na digestibilidade

da forragem.

A eficiência da utilização dos carboidratos da dieta no ambiente ruminal poderá ser considerada otimizada quando houver a menor fração possível de excreção de substratos que poderiam ser utilizados para a formação de energia e aminoácidos essenciais para o crescimento tecidual e para produção animal (BERCHIELLI et al., 2011). Para que se alcance uma condição ruminal com estas características é preciso diminuir a excreção de gases como o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) e também a maximização do uso da amônia.

2.4. CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL DOS REBANHOS EM PASTAGENS NATURAIS

A emissão de metano pelos animais de produção tem sido alvo de inúmeras discussões entre ambientalistas e produtores. As pesquisas para diminuir o impacto ambiental causado pela pecuária têm se mostrado promissoras e atualmente é um assunto em evidência na produção animal (ZUBIETA et al., 2020). Neste contexto, a mitigação de gases de efeito estufa na produção animal provoca um desafio que traz à tona a questão ambiental e mercadológica da cadeia produtiva da carne. O metano é formado no rúmen pela deposição de carbono livre após a oxirredução do piruvato (3C) e transformação dos AGCCs principalmente o acetato (2C) e o butirato (4C) que para liberam o CO_2 e o H_2 no ambiente ruminal e posteriormente formam o metano (CH_4). A formação de propionato (3C) não libera carbono no ambiente ruminal pois tem a mesma quantidade de carbono que o piruvato (KOZLOSKI, 2021).

No ambiente ruminal, as bactérias arqueas metanogênicas que utilizam o CO_2 e o H_2 como substrato para a produção de metano, um dos mais importantes produtores de dihidrogênio (H_2) são os protozoários pois possuem uma estreita relação com degradação de material fibroso em dietas à base de forrageiras (MORGAVI et al., 2010). Neste sentido, a relação entre a proporção de protozoários na microbiota ruminal está estreitamente relacionada com a emissão de metano durante o processo metabólico ruminal.

Um dos maiores sumidouros de hidrogênio livre no rúmen é a produção de metano, isso causa uma diminuição da reciclagem dos cofatores de armazenagem

de energia (NAD, NADPH e FAD) pois necessitam do hidrogênio para serem reduzidos e reagirem nos processos metabólicos. Dietas com maior proporção de carboidratos estruturais (celulose, hemicelulose) aumentam a colonização de bactérias produtoras de acetato e butirato. Quando há maior porcentagem de acetato no rúmen aumenta também a concentração de H₂ gasoso que não pode ser aproveitado pelos cofatores de armazenamento de energia, portanto o hidrogênio (H₂) se liga ao CO₂ formando metano e eructado para fora do ambiente ruminal (CHENG et al., 2021). A produção de metano é inversamente proporcional a produção de propionato pois concorrem pelo uso do hidrogênio líquido do rúmen, quando aumenta a proporção de acetato e butirato resultante da conversão da glicose, os subprodutos gerados são o CO₂ e H que são precursores para a formação de metano (CHENG et al., 2021).

Em pastagens naturais onde há uma diversidade de espécies com diferentes taxas de digestibilidade torna-se mais difícil de determinar a origem do metano produzido no rúmen, porém quando a oferta de forragem é superior a 8% do peso vivo (PV) há maior produção de metano por animal dia (kg de CH₄ animal/dia) sob pastejo em áreas de campo nativo (CEZIMBRA et al., 2021). Este mesmo estudo mostra que em oferta de forragem de 4% do PV há aumento na emissão de metano por unidade de ganho de peso vivo (kg de CH₄/ganho médio diário) e por unidade de área (kg de CH₄/ha/ano). Ao analisar a emissão individual de metano por animal, a oferta de forragem entre 4 e 8% do peso vivo são mais eficientes na mitigação de metano, porém ao considerar as pastagens naturais como estratos heterogêneos a principal restrição é a quantidade de forragem disponível para os animais do que seu valor nutritivo.

A excreção de nitrogênio pelos ruminantes pode acontecer pelo excesso de amônia no rúmen que transpassa a parede ruminal chegando até a corrente sanguínea pelo sistema porta e até o fígado onde é processada em uréia onde parte é excretada pelo sistema renal e parte retorna ao sangue e chega novamente ao rúmen para ser reaproveitada pela microbiota ruminal (BERCHIELLI et al., 2011). A amônia que é processada no fígado e chega até o sistema renal é excretada na urina. Além do nitrogênio perdido pela excreção renal, há também a proteína indigestível que é excretada nas fezes, essa proteína é caracterizada por estar

associada à lignina, taninos e produtos de reação de Maillard (BERCHIELLI et al., 2011). O aumento do consumo de matéria seca por ovinos em uma oferta acima da exigência nutricional representou um aumento na excreção de nitrogênio nas fezes assim como na retenção corporal em uma dieta com milheto (*Pennisetum americanum*) no período de verão (AZEVEDO et al., 2021).

A excreção de nitrogênio pela produção de fezes dos ruminantes está relacionada ao fracionamento de proteínas da dieta, sendo a fração A oriunda do nitrogênio não protéico (NNP) totalmente degradável no rúmen, fração B (B1, B2, B3) onde a fração B1 é a proteína livre da fibra e as frações B2 e B3 estão ligadas à fibra e a fração C é a que está ligada à lignina, considerada indigestível (NRC, 2016). Além do nitrogênio ligado à lignina estão presentes nas fezes a proteína oriunda da escamação dos tecidos intestinais.

3. JUSTIFICATIVA

A região do bioma Pampa vem ao longo dos anos apresentando baixos índices de produção por área na atividade agropecuária e muito tem sido relacionado com a falta de aplicação de conceitos de manejos já conhecidos e direcionar as pesquisas em variáveis pouco estudadas como o balanço de nitrogênio e produção de metano que possam ser aplicadas diretamente na atividade pastoril. Esta demanda de otimização do uso de áreas, com o intuito de buscar novas técnicas que possibilitem ao produtor melhorar seu sistema, tem sido alvo de pesquisadores que buscam respostas para estas demandas. O manejo correto de áreas de campo nativo para a produção animal reflete em melhora dos índices zootécnicos de ruminantes criados extensivamente. A produção de gases de efeito estufa como o metano (CH₄) pela atividade bacteriana dos ruminantes tem sido um assunto polêmico nos dias atuais, e algumas tecnologias buscam diminuir a emissão destes gases. O uso correto de pastagens naturais com a carga animal adequada tem demonstrado uma compensação pela maior fixação de carbono no solo e a diminuição da emissão de CH₄ por kg de carne produzida (SAVIAN et al., 2018). A utilização de uma técnica simples de fácil implementação como o controle da altura

da pastagem a ser oferecida e sua relação com os parâmetros de digestibilidade em vivo pode ter um impacto significativo na resposta a essas demandas.

4. HIPÓTESE

Estruturas de campos naturais manejadas por meio da altura, sendo entre 8 e 12 cm, resultam em maior consumo, digestibilidade da forragem, eficiência no uso de energia e nitrogênio e menor emissão de metano em ovinos por concentrar maior quantidade de componentes vegetais de alto valor nutritivo.

5. OBJETIVOS

5.1.OBJETIVOS GERAIS

Estabelecer uma metodologia para a utilização de pastagens naturais onde seja possível determinar uma altura de dossel de forragem e que possa atender as necessidades nutricionais de ovinos mantendo o desenvolvimento adequado das espécies forrageiras formadoras do bioma Pampa.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar se a altura do dossel de pastagens naturais do bioma Pampa interfere na digestibilidade da forragem consumida por ovinos e sua relação com o balanço de nitrogênio, utilização de energia e emissão de gases.

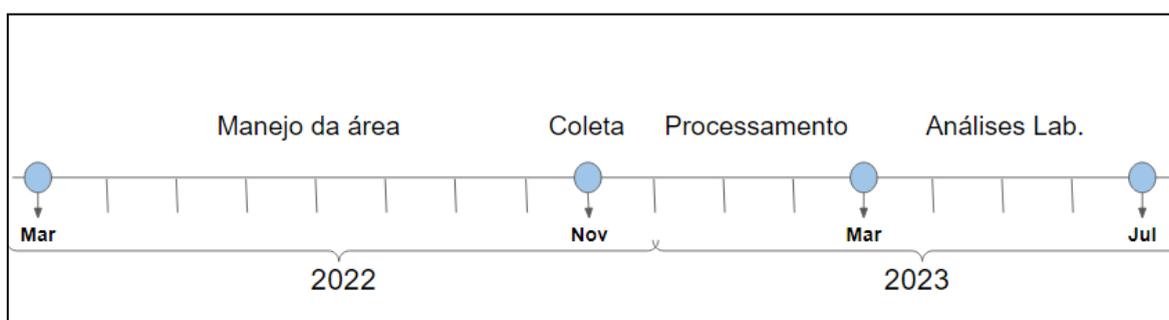
Avaliar consumo, digestibilidade, caracterização bromatológica da dieta e sua relação com os processos metabólicos em ovinos consumindo diferentes estruturas de campo natural mensuradas por meio da altura.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Local: o experimento foi conduzido na Unidade Experimental de Glencoe, localizada no noroeste do Uruguai (Latitude: 32°09' S; Longitude: 57° 81' W), vinculada à Estação Experimental do Instituto Nacional de Investigação Agropecuária de Tacuarembó. O protocolo utilizado avaliou o consumo, digestibilidade, o balanço de nutrientes, a produção de proteína microbiana, a emissão de metano e o ambiente ruminal de uma dieta baseada em pastagens naturais mantidas em três alturas diferentes (8, 12 e 16 cm) sobre solos de basalto.

O cronograma do projeto de pesquisa iniciou em março de 2022 com o manejo da altura do pasto na área dos piquetes (Figura 1). O monitoramento da altura foi realizado semanalmente e sempre que necessário era feita a roçada para manter a altura desejada de cada tratamento. O cronograma das demais atividades está explícito na linha do tempo (Figura 1) onde a fase de adaptação e as coletas foram realizadas no mês de novembro de 2022, as demais atividades como o processamento das amostras e análises laboratoriais foram realizadas ao longo do ano de 2023 de acordo com a disponibilidade de cada laboratório do INIA.

Figura 1 - Linha do tempo sobre o cronograma das atividades desenvolvidas



Avaliações do pasto: na avaliação da pastagem foram considerados os dados qualitativos de altura da forragem, composição do estrato forrageiro através de censo botânico e composição botânica. Os dados quantitativos foram mensurados através do índice verde através de leitor NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e análise bromatológica.

A avaliação dos parâmetros quantitativos e qualitativos da forragem foram feitas anteriormente ao corte seguindo os protocolos para cada amostragem. O corte da forragem foi realizado em 4, 6 e 8 cm da altura para cada tratamento 8, 12 e 16

cm respectivamente, considerando uma oferta de forragem de 50% da produção total de matéria seca.

Descrição dos animais e manejo geral do experimento: foram utilizados 15 animais da espécie ovina, da raça corriedale, com média de peso de 43,78 kg apresentando desvio padrão de 3,26 kg, com aproximadamente 14 meses de idade, machos castrados, contemporâneos e o mais homogêneos possível. Os animais foram distribuídos entre os tratamentos por pesos similares e acondicionados em gaiolas de metabolismo onde foram submetidos à um período de adaptação da dieta por 15 dias (KOZLOSKI et al., 2014), este período iniciou com a oferta de alimento coletado na área da pastagem previamente por 5 dias, após iniciou-se a adaptação à oferta de forragem por altura de pasto por mais 10 dias. Após o período de adaptação à dieta, os animais foram alimentados conforme o consumo voluntário individual por 5 dias para mensurar o consumo de cada tratamento (Fig. 1). Anterior ao início do experimento os animais foram vermifugados, pesados e realizada coleta de amostras de fezes para posterior análise coprológica.

O corte da forragem foi realizado com máquina segadeira ajustada em uma altura de 50% à altura do estrato forrageiro, o horário do corte da forragem foi feito às 16:00 horas diariamente. Os animais foram alimentados duas vezes ao dia, às 8:00 e 17:00 horas, ao ofertar a dieta matutina foram recolhidos os restos do dia anterior, pesados e coletada amostra para determinação de consumo de matéria seca parcial (CMS) e composição botânica. A oferta de água para dessedentação utilizava bebedouros plásticos com capacidade de 1 litro e era preenchido sempre que necessário.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado onde foram considerados 3 tratamentos (altura da pastagem) e 5 repetições (animais).

Medidas de consumo e coleta de fezes e urina: a oferta de forragem foi estimada de acordo com o consumo voluntário de cada unidade experimental onde durante o período de adaptação foi oferecida uma dieta *ad libitum* em um peso conhecido e observado o consumo, inicialmente a oferta de forragem foi de 3,8% do peso vivo (NRC, 2007) e ajustada de acordo com o consumo considerando uma recusa acima de 20% do alimento oferecido (KOZLOSKI et al., 2018).

O consumo de matéria seca parcial da dieta oferecida foi calculada através da coleta de amostra e secagem em estufa à 55°C por 72 horas ou até atingir peso constante (HARRIS, 1970). As sobras retiradas diariamente foram amostradas individualmente e levadas à estufa para secagem forçada para determinação de matéria seca. A amostragem para separação botânica (seca, verde e outros) foi realizada tanto na dieta ofertada quanto nos restos recolhidos individualmente por box estimando o consumo do componente botânico.

A amostragem de fezes foi realizada nos 5 últimos dias através de fraldas com bolsas coletoras e mensurada a produção diária total onde uma amostra de 15% foi separada e levada à estufa de ar forçado a 55°C por 72 horas para determinação de matéria seca parcial (HARRIS, 1970) e posteriormente agrupadas em uma única amostra por animal para análise laboratorial e determinação de matéria seca absoluta (AOAC, 1990).

A coleta de urina foi realizada nos últimos 5 dias através de um funil plástico instalado embaixo da bandeja coletora de dejetos posicionada abaixo da gaiola. Na saída do funil foi instalada uma mangueira de borracha que direcionava a urina diretamente para o recipiente de coleta. No recipiente de coleta foi adicionado 100 ml de ácido sulfúrico concentrado a 10% para manter o pH em ~3 e diminuir as perdas por evaporação da amônia. Regularmente as amostras coletadas que possuíam um volume maior foi aferido o pH para verificar a acidez caso estivesse com um valor acima de 3, era adicionado mais ácido.

Diariamente o recipiente era pesado para estimar a produção diária de urina, coletada uma amostra de 3% do volume total que era acondicionada em um recipiente e mantida sob refrigeração à -20°C para determinação de purinas, utilizando o método de cromatografia líquida (BALCELLS et al., 1992) e de nitrogênio pelo método *Kjeldahl* (AOAC, 1991).

Coleta de líquido ruminal: a coleta de líquido ruminal foi feita através de sonda esofágica em dois momentos: a primeira coleta foi feita no primeiro dia de coletas de amostras e a segunda coleta foi realizada no último dia de confinamento dos animais. A coleta foi realizada quatro horas após a alimentação dos animais (DE BARBIERI et al., 2015).

O volume coletado foi de ~15 ml em que foi realizada imediatamente a leitura de pH com pHmetro digital em um tubo falcon. Após a leitura de pH foram

coletadas subamostras de 1 ml e acondicionadas em *eppendorf* com 1 ml de ácido perclórico para determinar AGCCs pelo método de cromatografia (ADAMS et al., 1984). Para a determinação de amônia por espectrofotometria (WEATHERBURN, 1967) , foram coletadas 1 ml de líquido ruminal e acondicionada em um *eppendorf* com 20 microlitros de ácido sulfúrico concentrado à 50% e mantido sob refrigeração a -20°C.

Mensuração de gases: a medição de metano foi feita utilizando câmaras de acumulação portáteis (*portable accumulation chambers* – PACs) por 40 minutos (GOOPY et al., 2016, 2011; PAGANONI et al., 2017; ROBINSON et al., 2014) durante dois momentos: a primeira leitura de emissão de gases foi realizada no primeiro dia de coleta dos parâmetros metabólicos; a segunda leitura foi realizada no último dia de coleta.

A leitura de emissão de gases foi realizada através de leitor de concentração de gases Eagle II onde foi feita a primeira leitura de concentração de gases nos primeiros 20 minutos após os animais ingressarem na câmara e aos 40 minutos, observando a diferença entre as concentrações entre estes dois momentos. A leitura de emissão de gases foi feita quatro horas após a alimentação.

A concentração de metano foi avaliada em partes por milhão (ppm) e convertida em litros/dia (l/d) pela fórmula: $CH_4 \text{ (L/d)} = [((CH_4 \text{ (ppm)} - CH_4 0 \text{ (ppm)}) / 100,000) \times (\text{volume de ar do PAC (L)} / \text{tempo no PAC (min)})] \times (60 \times 24)$, onde $CH_4 0$ = leitura da concentração de metano no tempo 0; volume do ar do PAC = volume do PAC – volume corporal do ovino (1 kg = 1,01 l) (GOOPY et al., 2011; ROBINSON et al., 2014). Para a vedação da caixa foi utilizada água em um piso emborrachado para evitar a perda de gases por volatilização.

Análises Laboratoriais: as análises bromatológicas da forragem oferecida e as sobras do cocho, após a secagem parcial foram encaminhadas ao laboratório de pastagens em Tacuarembó para serem moídas em moinho tipo *Wiley* a 1mm e posterior determinação de proteína bruta pelo método *Kjeldahl* (AOAC, 1991), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), energia bruta (MJ/kg MS) e extrato etéreo (EE) pelo método *Ankom* (AOAC, 2012).

As amostras de fezes foram agrupadas formando uma amostra para cada

animal. Posteriormente moídas em moinho tipo *Wiley* com peneira de 1 mm e levada à estufa a 105°C para determinação de matéria seca total. A determinação de matéria orgânica para a dieta ofertada, sobras e fezes foi feita através da queima em mufla à 550°C, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina em detergente ácido (LDA), nitrogênio total pelo método Kjeldahl e energia bruta (Mj/kg EM). Para avaliação do líquido ruminal foi mensurada a concentração de amônia e a proporção dos ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs): acetato, propionato e butirato pelo método de cromatografia.

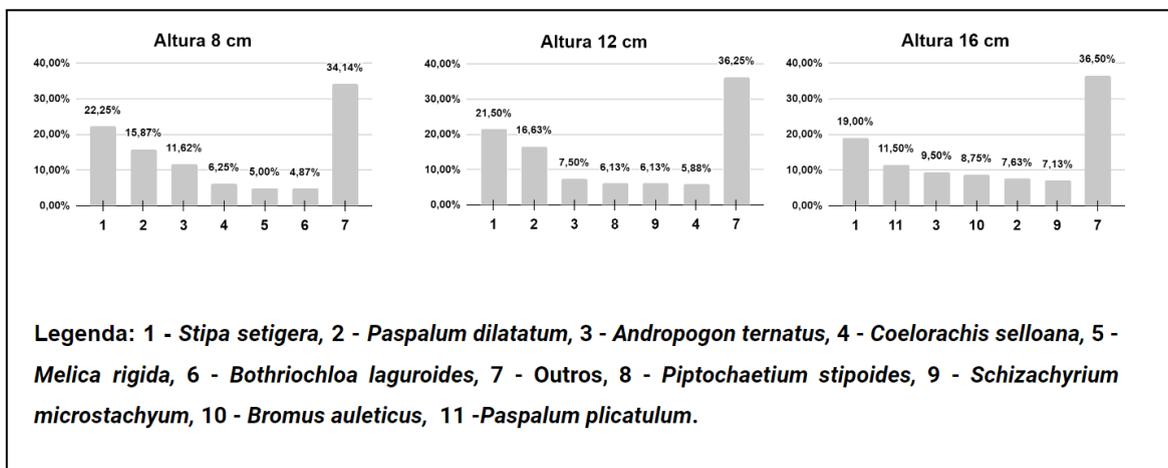
As amostras de urina foram analisadas verificando os parâmetros de nitrogênio total, derivados de purina e energia bruta (MJ/kg MS) pela equação citada pro Street (STREET et al., 1964) que considera $EU \text{ kcal/g} = 0,027 + 0,119 (\text{NU} \%)$, onde EU = energia da urina; NU = nitrogênio urinário.

Análises Estatísticas: as variáveis foram analisadas por ANOVA com o pacote de software estatístico SAS System® versão 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA, 2011) de acordo com o seguinte modelo estatístico: $Y_{ij} = \bar{y} + FA_i + e_i$, onde Y_{ij} é o valor observado, \bar{y} é a média geral, FA_i é o efeito fixo do nível de altura da forragem ($i=1$ a 4), e e_i é o erro experimental aleatório. O efeito da altura do estrato forrageiro nas variáveis respostas foi avaliado por análises de regressão, testando os efeitos lineares e quadráticos ao nível de significância de 5%. O erro padrão da média (EPM) é relatado para todas as variáveis de resposta.

7. RESULTADOS

Os resultados dos dados da forragem para o censo botânico estão representados na Figura 2, em que as espécies predominantes foram *Stipa setigera*, *Paspalum dilatatum*, *Andropogon ternatus*, *Coelorachis selloana*, *Melica rigida*, *Bothriochloa laguroides*, *Piptochaetium stipoides*, *Schizachyrium microstachyum*, *Bromus auleticus*, *Paspalum plicatulum*. Não houve diferença entre os tratamentos quanto às espécies forrageiras.

Figura 2 - Censo botânico de pastagens naturais do bioma Pampa em diferentes alturas.



Os dados de disponibilidade de matéria seca (MS) foram de 4.200, 5.970 e 7.700 kg de MS nos tratamentos 8, 12 e 16 cm de altura respectivamente, enquanto o índice NDVI variou de 48,3 a 46,5 em que o tratamento 8cm teve maior índice em relação aos demais. Para a composição botânica da forragem a proporção de matéria verde foi de 63% , não havendo diferença entre os tratamentos 8 cm e 12 cm, enquanto o tratamento 16 cm apresentou 58% (Tabela 1). Para a análise de composição botânica das sobras o tratamento 12cm apresentou maior índice de verde (53%) em relação aos demais que mantiveram uma média de 43% de matéria verde. Os dados de consumo dos componentes botânicos não apresentaram diferenças estatísticas conforme observa-se na tabela 1.

Os resultados da composição bromatológica para os parâmetros de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), lignina (LDA), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN), proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) e energia bruta (EB) não apresentaram diferenças entre os tratamentos (Tabela 2).

Os resultados para os parâmetros de consumo não apresentaram diferença estatística, exceto para o consumo de fibra em detergente neutro (CFDN) onde o tratamento 12 cm apresentou maiores consumo, seguido do tratamento 8 cm depois o 16 cm (Tabela 3) e para o consumo de proteína bruta (CPB) em que o tratamento

com 12 cm de altura apresentou maior consumo seguido do tratamento 8 cm e por último o tratamento 16 cm. A digestibilidade apresentou diferença entre os tratamentos em que o tratamento 8 cm apresentou maior digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica (61%) em relação aos tratamentos 12 cm (54%) e 16 cm (58%), para os outros parâmetros não houve significância estatística.

Tabela 1 - Composição botânica e consumo de componente botânico de ovinos confinados em uma dieta de pastagem natural em três diferentes níveis de altura.

Variáveis	Alturas (cm)			EPM	Valor de p	
	8	12	16		Lin	Qua
Índice verde NDVI	48,3	46,5	46,8	0,73	0,411	0,452
Disponibilidade de MS kg/ha	4202	5970	7703	370,32	<0,001	<0,001
Composição Botânica						
Forragem						
Verde g/kg	631,0	633,0	581,0	13,2	0,151	0,125
Seco g/kg	318	288	301	14,8	0,647	0,700
Outros g/kg	51	79	118	16,6	0,100	0,098
Ofertado						
Verde g/kg	505	509	499	8,9	<0,001	<0,001
Seco g/kg	287	276	283	6,8	0,044	0,017
Outros g/kg	208	21,52	218	9,8	0,134	0,270
Sobras						
Verde g/kg	444	532	426	26,8	0,799	0,679
Seco g/kg	370	338	320	14,4	0,164	0,173
Outros g/kg	178	220	256	12,2	0,004	0,004
Consumo						
Consumo total g	1592	1825	1686	12,9	0,35	0,47
Consumo Verde g/kg	550	514	559	6,4	0,85	0,79
Consumo Seco g/kg	199	248	242	4,6	0,26	0,30
Consumo Outros g/kg	252	237	199	7,1	0,36	0,35

EPM - Erro padrão da média

Tabela 2 - Composição bromatológica da forragem de campo natural oferecida aos ovinos em três diferentes níveis de altura.

Variáveis	Alturas (cm)		
	8	12	16
Matéria seca (MS, g/kg de forragem fresca)	534,7	552,1	537,7
Matéria orgânica (MO, g/kg MS)	904,8	914,8	918,3
Proteína bruta (PB, g/kg MS)	78,9	66,3	61,3
Fibra detergente neutro (FDN, g/kg MS)	668,0	732,0	730,0
Fibra detergente ácido (FDA, g/kg MS)	323,5	375,0	378,0
Lignina detergente ácido (LDA, g/kg MS)	69,8	57,7	68,9
Proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN, g/kg PB)	25,0	20,4	19,2
Proteína insolúvel em detergente ácido (PID, g/kg PB)	10,1	10,8	9,5
Energia bruta (EB, MJ/kg MS)	16,66	16,58	16,58

A emissão de metano não apresentou diferença entre os tratamentos (Tabela 4) e também não teve diferença quando relacionada ao consumo de matéria seca (CMS), consumo de matéria orgânica (CMO), consumo de fibra degradável em detergente neutro (CFDN) e consumo de matéria orgânica digestível (CMOD).

A partição e a utilização da energia pelos animais está explícita na tabela 5 e não apresentou diferença com grau de significância entre os tratamentos, a ingestão de energia bruta (EB) variou de 115 a 142,5 Mj/dia enquanto que a excreção de energia pelas fezes, urina e metano foi de 23%, 1,35% e 3% respectivamente .

A proporção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs) apresentaram uma diferença para o propionato em que o tratamento 16 cm obteve maior resultado chegando a 20% em relação aos demais tratamentos (Tabela 6). Para os demais parâmetros ruminais como a concentração de amônia, relação acetato/propionato, síntese de proteína microbiana, eficiência da síntese e eficiência do nitrogênio não houve diferença entre os tratamentos.

Tabela 3 - Consumo de nutrientes, digestibilidade e conteúdo energético da forragem de diferentes alturas de campo natural do bioma Pampa oferecidos à ovinos

Variáveis	Altura (cm)			EPM	Valor (P)	
	8	12	16		Lin	Qua
Ingestão de Forragem						
MS, % PV/dia	1,83	1,58	1,49	0,67	0,98	0,08
MS, g/dia	667,87	814,72	670,39	35,25	0,98	0,06
MS, g/kg PV ^{0,75}	39,68	46,8	39,68	1,80	1,00	0,07
MO, g/kg PV ^{0,75}	35,53	42,75	36,25	1,65	0,87	0,05
PB, g/kg PV ^{0,75}	3,41	3,45	2,58	0,16	0,03	0,14
FDN, g/kg de PV ^{0,75}	23,29	33,59	27,00	1,62	0,37	0,01
Dig. MO g/kg PV ^{0,75}	26,54	20,48	20,66	1,19	0,82	0,45
PDR g/kg PV ^{0,75}	2,65	2,70	2,04	0,13	0,07	0,18
Digestibilidade da Forragem						
MS, kg/kg	0,616	0,536	0,578	0,01	0,24	0,02
MO, kg/kg	0,624	0,549	0,593	0,01	0,33	0,02
FDN, kg/kg	0,559	0,535	0,564	0,01	0,89	0,33

MS- matéria seca, PV - peso vivo, PV^{0,75} - peso metabólico, MO - matéria orgânica, PB - proteína bruta, FDN - fibra em detergente neutro, PDR - proteína degradável no rúmen, EPM - erro padrão da média.

Tabela 4 - Emissão e rendimento de metano em ovinos alimentados com pastagem natural do Bioma Pampa em diferentes alturas.

Variáveis	Altura (cm)			EPM	Valor (P)	
	8	12	16		Lin	Qua
CH ₄ g/dia	10,41	12,82	10,83	0,43	0,66	0,67
CH ₄ g/PV ^{0,75}	0,616	0,738	0,644	0,02	0,67	0,69
CH ₄ g/kg CMS	10,40	10,22	11,24	0,39	0,56	0,63
CH ₄ g/kg CMO	17,50	17,32	18,26	0,60	0,67	0,71
CH ₄ g/kg CFDN	27,01	22,07	24,62	1,05	0,58	0,63
CH ₄ g/kg CMOD	28,08	32,04	30,90	1,42	0,48	0,57

CH₄ - metano, PV^{0,75} - peso metabólico, CMS - consumo de matéria seca, CMO - consumo de matéria orgânica, CFDN - consumo de fibra em degradável em detergente neutro, CMOD - consumo de matéria orgânica digestível, EPM - erro padrão da média

Os resultados referentes ao consumo e balanço do nitrogênio apresentaram diferenças significativas na produção de fezes e na relação entre a retenção e ingestão de nitrogênio (Tabela 7) os demais parâmetros não diferiram estatisticamente entre os tratamentos.

Tabela 5 - Partição e utilização da energia por ovinos em dieta de campo natural manejado em diferentes alturas

Variáveis	Altura (cm)			EPM	Valor (P)	
	8	12	16		Lin	Quad
Forragem						
Ingestão de energia bruta MJ/dia	115,02	142,49	120,28	5,87	0,89	0,96
Fezes						
Conteúdo energético MJ/kg de MS	16,11	16,48	16,30	0,06	0,18	0,27
Excreção de energia MJ/dia	4,15	4,60	6,19	0,31	0,57	0,76
Energia, % ingestão de EB	23,40	22,80	24,48	1,19	0,73	0,70
Urina						
Conteúdo energético MJ/l	0,33	0,48	0,34	0,05	0,75	0,71
Excreção de energia MJ/dia	0,26	0,24	0,27	0,02	0,91	0,98
Energia, % ingestão de EB	1,48	0,86	1,58	0,16	0,78	0,80
Metano						
Excreção de energia MJ/dia	0,58	0,71	0,60	0,02	0,71	0,87
Energia, % ingestão de EB	3,32	2,62	3,38	0,23	0,91	0,81
Uso da energia						
Ingestão de EM MJ/dia	14,10	20,77	14,29	1,73	0,97	0,91
EB para ED	76,60	77,20	75,52	1,19	0,73	0,70
ED para EM	94,51	95,50	94,67	0,48	0,90	0,96
EB para EM	71,11	72,70	70,19	1,62	0,83	0,78

EB - energia bruta; ED - energia digestível; EM - energia metabolizável; MS - matéria seca; EPM - erro padrão da média

As variáveis para ingestão de nitrogênio da dieta e excreção pelas fezes e urina foram mensuradas em gramas de nitrogênio por dia (N g/dia), enquanto a relação entre a excreção e a ingestão está mensurada como percentual. A

mensuração apresentada na tabela 7 foi calculada em gramas de nitrogênio por dia e em percentual do nitrogênio ingerido e o excretado.

Tabela 6 - Proporções de ácidos graxos de cadeia curta (AGCCs) e amônia ruminal de ovinos alimentados com pastagens naturais em diferentes alturas

Variáveis	Altura (cm)			EPM	Valor (P)	
	8	12	16		Lin	Qua
Acetato %	75,79	73,23	73,86	1,12	0,50	0,55
Propionato %	16,55	19,19	20,66	0,79	0,04	0,04
Butirato %	7,67	7,59	5,49	0,96	0,46	0,44
Amônia mg/100 ml	5,69	8,37	6,65	1,16	0,75	0,81
Acetato/propionato %	4,86	3,84	3,61	0,26	0,05	0,06
Atividade Microbiana						
Pmic g/kg de MOD	93,30	82,65	86,09	9,35	0,76	0,79
Síntese de Pmic g/N/dia	11,95	14,44	10,47	1,55	0,71	0,65
Eficiência da síntese g/N/kg	33,43	34,23	29,44	3,34	0,64	0,62
Eficiência do N (N ingerido/síntese microbiana)	1,30	1,53	1,55	0,18	0,58	0,60

Pmic - proteína microbiana; N - nitrogênio; MOD - matéria orgânica digestível; EPM - erro padrão da média

A produção de fezes apresentou aumento linear entre os tratamentos onde o tratamento com nível aos 12 cm obteve maior excreção seguido do nível aos 8 cm. A retenção de nitrogênio corporal apresentou progressão linear entre os tratamentos partindo do menor valor para o tratamento 16 cm, seguido do tratamento de 8 cm até o tratamento 12 cm que apresentou maior média.

A relação entre acetato e propionato relatados na tabela 6 não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos embora a regressão tenha apresentado um resultado marginal para uma diferença de progressão linear entre o tratamento 16 cm e o 8 cm ficando o tratamento 12 cm com uma média intermediária.

Tabela 7 - Consumo, balanço e produção de nitrogênio de ovinos em dieta de campo natural manejado em diferentes alturas.

Variáveis	Altura (cm)			EPM	Valor (P)	
	8	12	16		Lin	Quad
Forragem						
Ingestão de N g/dia	9,144	9,606	6,954	0,47	0,47	0,50
Fezes						
Produção de fezes g/dia	597,99	870,22	645,66	47,57	<0,01	<0,01
Excreção de N g/dia	2,05	2,22	1,878	0,10	0,59	0,62
Excreção de N/ingestão de N %	22,24	23,13	27,87	1,14	0,55	0,59
Urina						
Produção de urina l/dia	0,856	0,703	1,009	0,14	0,57	0,61
Excreção de N g/dia	3,234	3,166	3,242	0,17	0,16	0,48
Saída de N/entrada de N %	35,83	33,29	42,52	2,41	0,61	0,66
Retenção						
Retenção de N g/dia	3,86	4,22	2,5	0,43	0,62	0,67
Retenção de N, ingestão de N %	41,93	43,58	31,83	4,51	<0,01	<0,01

N - nitrogênio; EPM - Erro Padrão da média;

8. DISCUSSÃO

Os dados referentes à caracterização da forragem apresentaram espécies predominantemente de estrutura cespitosa, concordando com a literatura de que quando não há um manejo adequado para reduzir a população de espécies do tipo C4 haverá uma predominância na composição do estrato forrageiro (NABINGER et al., 2009). A disponibilidade de forragem por hectare quando considerada a oferta de 50% da massa total produzida foi de 2100, 2950 e 3850 para os tratamentos 8, 12 e 16 cm respectivamente. Não foi avaliada a taxa de acúmulo pelo período, mas quando comparada com a produção forrageira do campo nativo do bioma Pampa durante a primavera/verão são muito semelhantes à encontrada na literatura (NABINGER et al., 2017). O censo botânico refletiu na composição bromatológica da

ferragem em que os dados foram muito semelhantes entre os tratamentos.

Ao comparar com os tipos funcionais de espécies nativas do bioma Pampa (SANTOS et al., 2013) em que o agrupamento é feito pela crescente do teor de matéria seca (TMS) e decrescente pela área foliar específica (AFE) sendo divididos em A, B, C e D em que os tipos A e B são plantas com alta capacidade de captar recursos, com alta taxa fotossintética, produzindo folhas menores e de vida mais curta, consequentemente com melhor valor nutritivo, enquanto os tipos C e D são plantas que conservam mais seus recursos pela menor renovação de seus órgãos e menor capacidade de produção foliar. Os resultados demonstraram não ter relação com os dados de digestibilidade e composição botânica dos grupos funcionais (SANTOS et al., 2013).

Os dados de digestibilidade apontam que o tratamento manejado a 8 cm apresentou maior digestibilidade em relação aos demais, porém ao relacionar com o consumo de componente morfológico da ferragem este não apresentou diferença significativa entre os tratamentos configurando que a relação entre a composição morfológica da dieta não interferiu na digestibilidade da ferragem. A digestibilidade da ferragem foi atribuída mais em relação ao consumo de FDN (tabela 3) do que em relação a morfologia da dieta oferecida (tabela 1).

O consumo de matéria seca da dieta foi muito semelhante entre os tratamentos e variaram de 667 a 814 g/dia, fato este que não influenciou no consumo de proteína bruta, mas que apresentou uma diferença de 20% na composição de matéria verde das sobras no tratamento 12 cm mostrando que a composição botânica da ferragem pode influenciar na digestibilidade da ferragem (SILVA et al., 2021). Assim podemos afirmar que a composição botânica da ferragem não teve relação com o consumo de matéria seca e ingestão de proteína da dieta, porém quando foi observado o consumo de fibra em detergente neutro (FDN) houve diferença significativa para maior consumo no tratamento 12 cm, o que pode ser explicado pelo teor de FDN que apresentou 73,2% na sua composição bromatológica.

A digestibilidade da ferragem é afetada pela maturação dos componentes botânicos do estrato ferrageiro (YANG et al., 2018). Este efeito é encontrado na altura 16 cm quando apresenta menor digestibilidade da matéria seca e da matéria

orgânica quando comparada aos demais, assim como os teores de proteína tendem a diminuir com o aumento da maturidade da forragem que não podemos verificar na análise bromatológica e que também não aparece no consumo de proteína. Com isso podemos perceber que a capacidade de rebrote de uma forragem está relacionada com a disponibilidade de nutrientes do solo, água disponível e exposição à luz solar dos componentes clorofilados (folhas e caules verdes), neste sentido espécies de estrutura cespitosa conseguem ser mais eficientes em estratos mais altos (>12 cm) concordando com os resultados encontrados em que a frequência de espécies forrageiras do tipo C4 é menor quando há fertilização em níveis adequados (NUÑES et al., 2022).

Os dados de emissão de metano estão diretamente relacionados com a composição de fibra e digestibilidade da dieta, mesmo havendo diferenças na digestibilidade da matéria seca e da matéria orgânica da dieta não houve diferença estatística entre os tratamentos para este parâmetro. Quando observamos a proporção de AGCCs podemos verificar que o tratamento 16 cm apresentou valores significativos para propionato mas que não demonstrou relação com a produção de metano pois não foi observada diferença estatística mesmo a literatura citando que a rota metabólica para a produção de propionato seja a mais eficiente pois não há perda de carbono na síntese de piruvato para propionato (KOZLOSKI, 2021), e ainda quando comparado com o resultado de outros trabalhos (DIJKSTRA et al., 2005) a proporção de ácidos graxos concorda com dietas baseadas em pasto nativo. Em comparação com dietas semelhantes quanto o valor bromatológico podemos verificar que a produção de metano em gramas por dia (g/d) e gramas por peso metabólico ($g/PV^{0,75}$) foram semelhantes à outros resultados (AZEVEDO et al., 2021), porém quando comparados ao consumo de matéria seca (CMS) os valores ficaram significativamente abaixo dos encontrados neste estudo.

O valor energético da forragem apresentou dados compatíveis com o teor de fibra de uma dieta a base de alimentos volumosos, pois atendeu as exigências nutricionais dos animais, considerando a recomendação dos modelos de exigências nutricionais a necessidade diária de energia metabolizável de 7,5 Mj/dia (CSIRO, 2007) para a manutenção. De acordo com os resultados obtidos, a dieta ofertou níveis superiores que foram convertidos em crescimento por se tratarem de animais

jovens. A ingestão de energia está relacionada com a necessidade metabólica do fígado e do trato gastrointestinal (NRC, 2007), o excedente energético é utilizado pela microbiota ruminal para a síntese microbiana utilizando a amônia como aporte de nitrogênio. Os resultados para energia digestível (ED) para energia metabólica foram maiores do que os relatados na literatura (CSIRO, 2007) que é de 82% mas que pode estar subjugado pela falta de dados de espécies forrageiras do tipo C4.

A eficiência da utilização energética na produção de AGCCs ruminal está relacionada com a menor perda de energia durante o processo de fermentação ruminal, assim quando comparamos a perda de energia na produção de AGCCs podemos afirmar que a produção ruminal de propionato, butirato e acetato apresentam 62, 148 e 252 kcal respectivamente (BERCHIELLI et al., 2011). Podemos observar que a produção de propionato foi maior na forrageira com 16 cm mas não apresentou diferença significativa nos parâmetros relacionados à energia, o que pode ser notado é que a ingestão de energia foi intermediária no tratamento 16 cm e a excreção pelas fezes, urina e gases foi semelhante aos outros tratamentos, ou seja foi mais eficiente no uso da energia, sendo assim a perda foi menor explicando a maior concentração de propionato ruminal.

Os produtos da síntese microbiana que chega até o intestino delgado para ser digerida e absorvida gera resíduos metabólicos oriundos dos nucleotídeos das bactérias que formam a proteína microbiana (KOZLOSKI, 2021), com isso podemos identificar o agrupamento de bactérias que colonizam o ambiente ruminal pela concentração de resíduos excretados na urina. Os resíduos são variáveis entre as espécies, nos ovinos podemos destacar a alantoina, ácido úrico, xantina e hipoxantina que de acordo com as concentrações destes resíduos na urina podemos estimar a síntese de proteína microbiana no rúmen onde não apresentou diferença entre os tratamentos.

A dieta de animais composta de alimentos fibrosos como forrageiras de baixa qualidade concentram menor quantidade de componentes fermentáveis e aumenta proporcionalmente a produção de metano. O alto teor de forragem em uma dieta mista aumenta a produção de metano mas tem pouca alteração quando apenas o conteúdo de fibra da forragem é aumentado em uma dieta à base exclusiva a pasto (MUETZEL et al., 2024). Neste estudo, o teor de fibra da forragem não demonstrou

ter relação com a produção de metano, pois as variações entre os tratamentos para a produção de metano foram insignificantes embora houvesse diferença no consumo de fibra entre os tratamentos.

As pastagens apresentam diferenças significativas na sua composição química nas diferentes estações do ano, estas diferenças sazonais refletem na excreção de metano e na eficiência do uso da energia ingerida na dieta de ruminantes (NUNES et al., 2023). As alterações de ambiente e os fatores como luminosidade, temperatura e oferta hídrica interferem na qualidade química da pastagem que está relacionada com o consumo de matéria seca e com a produção de metano, as estações quentes são as que oferecem maiores condições para a produção de metano pela menor qualidade nutricional da forragem.

A eficiência da síntese microbiana está relacionada com o teor de proteína bruta da dieta e com a digestibilidade da matéria orgânica, em média considera-se ~130 g de Pmic/kg de matéria orgânica digestível (DMO) podendo variar de 70 a 210 g de Pmic/kg de matéria orgânica digestível (SILVA et al., 2019). Os dados encontrados para a eficiência da síntese microbiana não diferiram entre os tratamentos e apresentaram médias dentro dos limites para dietas com pastagens naturais.

O balanço de nitrogênio (N) entre os tratamentos não apresentou diferenças estatísticas, porém a retenção de N corporal foi maior no nível de 12 cm, este resultado está intimamente relacionado com o consumo de proteína bruta da dieta em que o mesmo tratamento apresentou maior consumo. Ao comparar com outros estudos podemos observar que os valores de retenção foram superiores aos encontrados com dietas semelhantes utilizando o milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leake) com 212 g/kg de PB, os valores de retenção foram de 31,3% em uma oferta de forragem a 2% do PV, conforme diminui o teor de proteína da dieta maior será a retenção de nitrogênio.

Estudos recentes avaliaram a reciclagem do N e a eficiência alimentar em bovinos e comprovaram que dietas altas em proteínas (>20% PB) reciclam 50% do N para o TGI de ruminantes e que em dietas de baixo teor de proteína (8 - 12% PB) consegue fornecer duas vezes mais N do que a PDR ingerida na dieta (SILVA et al., 2019). A utilização de dietas com baixo teor de proteína (<10%) se mostrou mais eficiente quando houve uma suplementação energética, aumentando a fermentação

ruminal e diminuindo a excreção de N pela urina. Logo se conclui que ao substituir a suplementação proteica pela energética alcança-se uma diminuição nos custos de produção e uma melhor eficiência alimentar da dieta. A diferença estatística de retenção de N entre os tratamentos poderá estar relacionada com a reciclagem de N ou o consumo de PB da dieta pois um estudo em que comparou o consumo de matéria seca e o ganho diário de peso em dieta com baixo e alto teor de proteína constatou que animais mais eficientes tendem a reduzir o consumo e manter o mesmo ganho em dietas com baixa PB (CARMONA et al., 2020).

9. CONCLUSÃO

O manejo do dossel da forragem mantido em 8 cm melhora a digestibilidade da dieta, quando manejado com 12 cm de altura aumenta o consumo de fibra e retenção de nitrogênio pelo animal e quando manejada em 16 cm de altura a concentração de propionato tende a aumentar. Os dados revelam que não há uma altura ideal para manejar o pastoreio de pastagens naturais do bioma Pampa pois os parâmetros avaliados causam poucos efeitos nutricionais em dietas de ovinos, o que podemos concluir é que haverá situações diversas em que se opte por estratégias adequadas para que se alcance o objetivo desejado.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS R.F., JONES R.L., CONWAY P.L. (1984). High performance liquid chromatography of microbial acid metabolites. **Journal of Chromatography** 336: 125-137.

ALLEN, V. G., Batello, C., Beretta, E. J., Hodgson, J., Kothmann, M., Li, X., McIvor, J., Milne, J., Morris, C., Peeters, A., & Sanderson, M. (2011). An international terminology for grazing lands and grazing animals. **Grass and Forage Science**, 66(1), 2–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2010.00780.x>

AOAC International (formerly the Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA: AOAC International, 1990. Nro. 130.15.

AOAC International (formerly the Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA: AOAC International, 1990. Nro. 167.03. 15th Edition.

AOAC International (formerly the Association of Official Analytical Chemists). **Official Methods of Analysis**. Arlington, VA: AOAC International, 1995. // Bradstreet, R. B. **The Kjeldahl Method for Organic Nitrogen**. New York, NY: Academic Press Incorporated, 1965. // Jones, J. Benton. **Kjeldahl Method for Nitrogen Determination**. Athens, GA: Micro-Macro Publishing, 1991.

AOAC 2012. **Official Methods of Analysis**, 19th edn. Association of Official Analytical Chemists, USA. // Robertson J.B., Van Soest P.J. (1981). The detergent system of analysis and its application to human foods. In: James, W.P.T.; Theander, O. (Eds). **The analysis of dietary fiber in food**. Marcel Dekker, NY, USA, pp.123.

AZAMBUJA F., J. C. R., CARVALHO, P. C. F., FRANÇOIS B., O. J., BASTIANELLI, D., & JOUVEN, M. (2020). Functional Classification of Feed Items in Pampa Grassland, Based on Their Near-Infrared Spectrum. **Rangeland Ecology & Management**, 73(3), 358–367. <https://doi.org/10.1016/j.rama.2020.02.001>

AZEVEDO E. B., SAVIAN J. V., AMARAL G. A., DAVID D. B., GERE J. I., KOHMANN M. M., BREMM C., JOCHIMS F., ZUBIETA A. S., GONDA H. L., BAYER C., CARVALHO P. C. F. (2021). Feed intake, methane yield, and efficiency of utilization of energy and nitrogen by sheep fed tropical grasses. **Tropical Animal Health and Production**.53:452.<https://doi.org/10.1007/s11250-021-02928-4>

BALCELLS, J., GUADA, J.A., PEIRÓ, J.M. (1992). Simultaneous determination of allantoin and oxypurines in biological fluids by high-performance liquid chromatography. **Journal of Chromatography**, 575, 153-157.

BAGGIO R., OVERBECK G. DURIGAN G., PILLAR V. D. (2021). **To graze or not to graze: A core question for conservation and sustainable use of grassy ecosystems in Brazil, Perspectives in Ecology and Conservation**, Volume 19, Issue 3, pgs 256-266, ISSN 2530-0644, <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2021.06.002>.

BEEVER, DE (1993) Função Rúmen. In: Forbes, JM e France, J. (eds) **Quantitative aspects of ruminal digestion and metabolism**. CAB International, Wallingford, pp. 187–215.

BERCHIELLI T. T. Pires A.V. Oliveira S. G. **Nutrição de Ruminantes**. 2. Ed. – Jaboticabal: Funep 2011. 616 p.: il.

BRISKE, D. D., DERNER, J. D., BROWN, J. R., FUHLENDORF, S. D., TEAGUE, W. R., HAVSTAD, K. M., GILLEN, R. L., ASH, A. J., & WILLMS, W. D. (N.D.). Synthesis Paper Rotational Grazing on Rangelands: Reconciliation of Perception and Experimental Evidence. **Rangeland Ecology & Management**. Volume 61, Issue 1, 2008, Pages 3-17, ISSN 1550-7424, <https://doi.org/10.2111/06-159R.1>.

CARMONA P.; COSTA D.F.A.; SILVA L.F.P. Feed efficiency and nitrogen use rankings of Bos indicus steers differ on low and high protein diets. **Animal Feed Science and Technology**. 263 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114493>

CARVALHO, P.C.F., POLI, C.H.E.C., NABINGER, C., MORAES, A. Comportamento ingestivo de bovinos em pastejo e sua relação com a estrutura da pastagem. In: FERRAZ, J.B.S. (Ed). PECUÁRIA 2000: A PECUÁRIA DE CORTE NO III MILÊNIO. Pirassununga, **Anais...** 2000. CD-ROM.

CARVALHO, P. C. F., FILHO, H. M. N. R., POLLI, C., MORAES, H. E. C., A., ;, & DELAGARDE, R. (2001). Importância da estrutura da pastagem na ingestão e seleção de dietas pelo animal em pastejo. **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 2001, p. 871, 2001. Disponível em: <https://www.bibliotecaagptea.org.br/zootecnia/forragens/artigos/IMPORTANCIA%20DA%20ESTRUTURA%20DA%20PASTAGEM%20NA%20INGESTAO%20E%20S ELECAO%20DE%20DIETAS%20PELO%20ANIMAL%20EM%20PASTEJO.pdf>.

Acesso em 14/01/2024.

CEZIMBRA, I. M., NUNES, P. A. A., FILHO, W. S., TISCHLER, M. R., GENRO, T. C. M., BAYER, C., SAVIAN, J. V., BONNET, O. J. F., SOUSSANA, J.-F., & CARVALHO, P. C. F. (2021). Potential of grazing management to improve beef cattle production and mitigate methane emissions in native grasslands of the Pampa biome. **Science of The Total Environment**, 780, 146582. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146582>

CHENG, L., CANTALAPIEDRA-HIJAR, G., MEALE, S. J., RUGOHO, I., JONKER, A., KHAN, M. A., AL-MARASHDEH, O., & DEWHURST, R. J. (2021). Review: Markers and proxies to monitor ruminal function and feed efficiency in young ruminants. **Animal**, 15(10), 100337. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100337>

CSIRO, 2007. **Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants** (CSIRO Publishing, Melbourne).

COSTA, C. M., dos Santos DIFANTE, G., MIYAKE, A. W. A., GURGEL, A. L. C., SANTANA, J. C. S., ÍTAVO, C. C. B. F., ÍTAVO, L. C. V., DIAS, A. M., & JÚNIOR, M. A. F. (2022). Technologies used in ruminant grazing management: an integrative

review. **Tropical Animal Health and Production**, 54(6), 357. <https://doi.org/10.1007/s11250-022-03353-x>

DE BARBIERI, I., HEGARTY, R.S., LI, L., ODDY, V.H., 2015. Association of wool growth with gut metabolism and anatomy in sheep. **Livestock Science**. 173. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.12.018>

DIJKSTRA J. FORBES J.M. FRANCE J. **Quantitative aspects of ruminants digestion and metabolism**. 2 ed. França. 2005. 746 p.

DO CARMO, M., CLARAMUNT, M., CARRIQUIRY, M., SOCA, P. (2016). Animal energetics in extensive grazing systems: rationality and results of research models to improve energy efficiency of beef cow-calf grazing Campos systems. **American Society of Animal Science**. <http://dx.doi.org/10.2527/jas2016-0596>

FEDRIGO, J. K., ATAIDE, P. F., AZAMBUJA FILHO, J. C. R., BERTONCELLI, P., & NABINGER, C. (2022). Deferment associated to contrasting grazing intensities affects root/shoot biomass allocation in natural grasslands. **Applied Vegetation Science**, 25(3). <https://doi.org/10.1111/avsc.12671>

GONÇALVES, E. N., CARVALHO, P. C. DE F., DEVINCENZI, T., LOPES, M. L. T., FREITAS, F. K. DE., & JACQUES, A. V. Á.. (2009). Relações planta-animal em ambiente pastoril heterogêneo: padrões de deslocamento e uso de estações alimentares. **Revista Brasileira De Zootecnia**, 38(11), 2121–2126. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100008>

GOOPY, J.P., ROBINSON, D.L., WOODGATE, R.T., DONALDSON, A.J., ODDY, V.H., VERCOE, P.E., HEGARTY, R.S., 2016. Estimates of repeatability and heritability of methane production in sheep using portable accumulation chambers. **Animal Production Science**. 56, 116–122. <https://doi.org/10.1071/AN13370>

GOOPY, J.P., WOODGATE, R., DONALDSON, A., ROBINSON, D.L., HEGARTY, R.S., 2011. Validation of a short-term methane measurement using portable static chambers to estimate daily methane production in sheep. **Animal Feed Science Technology**. 166–167, 219–226. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.012>

HARRIS, L. E. 1970. Compilation of analytical and biological data for the preparation of food composition tables for use in the tropics of Latin America. **University of Florida**, Gainesville, FI (USA).

HOPKINS, A., & WILKINS, R. J. (2006). Temperate grassland: key developments in the last century and future perspectives. **The Journal of Agricultural Science**, 144(6), 503–523. <https://doi.org/10.1017/S0021859606006496>

JAURENA, M., DURANTE, M., DEVINCENZI, T., SAVIAN, J. V., BENDERSKY, D., MOOJEN, F. G., PEREIRA, M., SOCA, P., QUADROS, F. L. F., PIZZIO, R., NABINGER, C., CARVALHO, P. C. F., & LATTANZI, F. A. (2021). Native Grasslands at the Core: A New Paradigm of Intensification for the Campos of Southern South America to Increase Economic and Environmental Sustainability. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, 5. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.547834>

KOZLOSKI, G. V., OLIVEIRA, L., POLI, C.H.E.C., AZEVEDO, E.B., DAVID, D.B., RIBEIRO FILHO, H.M.N., COLLET, S.G., 2014. Fecal nitrogen excretion as an approach to estimate forage intake of wethers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. (Berl). 98, 659–666. <https://doi.org/10.1111/jpn.12118>

KOZLOSKI, G. V., ZILIO, E.M.C., ONGARATO, F., KUINCHTNER, B.C., SACCOL, A.G., GENRO, T.C.M., OLIVEIRA, L., FARIA, B.M., CEZIMBRA, I.M., QUADROS, F.L.F., 2018. Fecal N excretion as an approach for estimating organic matter intake by free-ranging sheep and cattle. **The Journal of Agricultural Science**. 1–7. <https://doi.org/10.1017/S0021859618000412>

KOZLOSki, G. V. (2019). **Bioquímica dos Ruminantes** (3rd ed.). 2019.

LANDIS, M., EDWARDS, E. J., & DONOGHUE, M. J. (2021). Modeling Phylogenetic Biome Shifts on a Planet with a Past. **Systematic Biology**, 70(1), 86–107. <https://doi.org/10.1093/sysbio/syaa045>

MORGAVI, D. P., FORANO, E., MARTIN, C., and NEWBOLD, C. J. (2010). Microbial ecosystem and methanogenesis in ruminants. **Animal** 4, 1024–1036. <https://doi.org/10.1017/S1751731110000546>

MUETZEL, S. & HANNAFORD, R. & JONKER, A. (2024). Effect of animal and diet parameters on methane emissions for pasture-fed cattle. **Animal Production Science**. <http://dx.doi.org/10.1071/AN23049>

NABINGER C. FERREIRA E. T. FREITAS A. K. CARVALHO. P. C. F. SANT ANNA D. (2009). Produção animal com base no campo nativo: aplicações de resultados de pesquisa. Inbook - **Campos Sulinos**, pg 175 - 198. ISBN 978-85-7738-117-3.

NABINGER C. **Nativão: trinta anos de pesquisa em campo nativo**. Boletim. Técnico, UFRGS. 2017. 146p. ISBN 978-85-7247-942-4 <https://doi.org/10.22533/at.ed.424202201>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 2007. **Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids**, National Academic Press, Washington

NUTRIENT REQUIREMENTS OF BEEF CATTLE, 2016. **National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine.**: Eighth Revised Edition. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/19014>

NÚÑEZ, L., HIRIGOYEN, A., DURANTE, M., ARROYO, J. M., CAZZULI, F., BREMM, C., & JAURENA, M. (2022). What Factors Control the Crude Protein Content Variation of a Basaltic “Campos” Native Grassland of South America? **Agronomy**, 12(8), 1756. <https://doi.org/10.3390/agronomy12081756>

NUNES, H. P. & DIAS, C. R. M. & VOUZELA, C. & BORBA, A. (2023). Seasonal Effect of Grass Nutritional Value on Enteric Methane Emission in Islands Pasture Systems. **Animals**. <http://dx.doi.org/10.3390/ani13172766>

OVERBECK, G. E. et al., Fisionomia dos campos. In: PILLAR, V. D. P.; LANGE, O. (ed.). **Os campos do sul. Porto Alegre: Rede Campos Sulinos - UFRGS**, 2015. p. 31-42.

PAGANONI, B., ROSE, G., MACLEAY, C., JONES, C., BROWN, D.J., KEARNEY, G., FERGUSON, M., THOMPSON, A.N., 2017. More feed efficient sheep produce less methane and carbon dioxide when eating high-quality pellets. **Journal of Animal Science**. 95, 3839–3850. <https://doi.org/10.2527/jas.2017.1499>

PARR C. L., LEHMANN C. E. R., BOND W. J., HOFFMANN W. A., ANDERSEN A. N. (2014). Biomass gramíneas tropicais: incompreendidos, negligenciados e ameaçados . **Trends in Ecology & Evolution**, vol 29 nº 4 : 205 – 13 . <https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.02.004>

PILLAR, Valério de Patta. BRASIL. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. **Campos sulinos: conservação e uso sustentável da biodiversidade**. Brasília, DF: MMA, 2009. 403 p. ISBN 9788577381173.

REIS R.A, BERNARDES T.F, SIQUEIRA G.R (eds). **Forragicultura - Ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Editora FUNEP. 2014; 714 p.

RESENDE, K. T. de, SILVA, H. G. de O., LIMA, L. D. de, TEIXEIRA, I. A. M. de A. (2008). Assessment of nutritional requirements of small ruminants by recently published feeding systems. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, suplemento especial p.161-177. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982008001300019>

RITCHIE H., ROSADO P. e ROSER M. (2019) - "**Meat and Dairy Production**" Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/meat-production>' [Online Resource]: acesso em 19/01/2024

RITCHIE H., RODÉS-GUIRAO L., MATHIEU E., GERBER M., ORTIZ-OSPINA E., HASELL J. e ROSER M. (2023) - "**Population Growth**". Published online at OurWorldInData.org. Retrieved from: '<https://ourworldindata.org/population-growth>' [Online Resource]: acesso em 19/01/2024.

ROBINSON, D.L., GOOPY, J.P., HEGARTY, R.S., ODDY, V.H., THOMPSON, A.N., TOOVEY, A.F., MACLEAY, A., BRIEGAL, J.R., WOODGATE, R.T., DONALDSON, A.J., VERCOE, P.E., 2014. Genetic and environmental variation in methane emissions of sheep at pasture. **Journal of Animal Science**. 92, 4349–4363. <https://doi.org/10.2527/jas2014-8042>

SANTOS, A. B. dos, QUADROS, F. L. F. de, ROSSI, G. E. Pereira, L. P. de, KUINCHTNER, B. C., & CARVALHO, R. M. R. de. (2013). Valor nutritivo de gramíneas nativas do Rio Grande do Sul/Brasil, classificadas segundo uma tipologia funcional, sob queima e pastejo. **Ciência Rural**, 43(2), 342–347. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782013000200025>

SAVIAN, J. V., SCHONS, R. M. T., MARCHI, D. E., Freitas, T. S. de, da SILVA Neto, G. F., MEZZALIRA, J. C., BERNDT, A., BAYER, C., & CARVALHO, P. C. de F. (2018). Rotatinoous stocking: A grazing management innovation that has high potential to mitigate methane emissions by sheep. **Journal of Cleaner Production**, 186, 602–608. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.162>

SILVA L. F. P., DIXON R. M., COSTA D. F. A. (2019) Nitrogen recycling and feed efficiency of cattle fed protein-restricted diets. **Animal Production Science** 59, 2093-2107. <https://doi.org/10.1071/AN19234>

SILVA, J. G., FONSECA, L. M. da, REIS, L. A., OLIVEIRA, D. H. A. M. de, SILVA, N. A. M. da, SANTOS, M. E. R., & SILVA, S. P. da. (2021). Consumo e digestibilidade dos nutrientes durante o período seco em ovinos em pasto diferido com quatro alturas iniciais. **Semina: Ciências Agrárias**, 42 (6 SUPL 2), 4133–4146. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2021v42n6SUPL2p4133>

SOARES, A. B.; CARVALHO, P. C. F.; NABINGER, C. et al., Produção animal e de forragem em pastagem nativa submetida a distintas ofertas de forragem. **Ciência Rural**, v.35, n.5, p.1148-1154, 2005.

SODER, K. J. BRINK, G. E., RAYNOR, E. J., & CASLER, M. D. (2022). Relationship between Temperate Grass Sward Characteristics and the Grazing Behavior of Dairy Heifers. **Agronomy**, 12(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy12071584>

WEATHERBURN M.W. (1967). Phenol-Hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry** 39: 971-974.

YANG, CHUNTAO & GAO, PENG & HOU, FUJIANG & YAN, TIANHAI & CHANG, SHENGHUA & CHEN, XIANJIANG & WANG, ZHAOFENG. (2018). Relationship between chemical composition of native forage and nutrient digestibility by Tibetan sheep on the Qinghai–Tibetan Plateau. **Journal of Animal Science**. 96. 10.1093/jas/sky002. <http://dx.doi.org/10.1093/jas/sky002>

ZHANG, Y., CHOI, S. H., NOGOY, K. M., & LIANG, S. (2021). Review: The development of the gastrointestinal tract microbiota and intervention in neonatal ruminants. In **Animal** (Vol. 15, Issue 8). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100316>

ZUBIETA, Á. S., SAVIAN, J. V., FILHO, W. S., WALLAU, M. O., GÓMEZ, A. M., BINDELLE, J., BONNET, O. J. F., & CARVALHO, P. C. F. (2021). Does grazing management provide opportunities to mitigate methane emissions by ruminants in pastoral ecosystems? **Science of The Total Environment**, 754, 142029. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142029>