

## Casca de soja extrusada em substituição a silagem de milho: parâmetros nutricionais, bioquímicos comportamento ingestivo de ovinos

Lucas Eduardo Gonçalves Vilaça<sup>1</sup>, Marcela Rodrigues de Oliveira<sup>2</sup>, Ana Beatriz Inácio de Freitas<sup>3</sup>, Cláudio Damião Muniz Coutinho<sup>4</sup>, Karla Alves Oliveira<sup>5</sup>, Gilberto de Lima Macedo Junior<sup>6</sup>

DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2023.43883>

### Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da casca de soja extrusada em substituição à silagem de milho. Utilizou-se vinte ovelhas da raça Santa Inês, sendo 10 animais para cada dieta, com peso médio de 57,00kg e média de três anos de idade. Os tratamentos eram compostos por volumoso extrusado e silagem de milho. Houve avaliação de consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos. Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado. Houve maior consumo de matéria seca (CMS) para animais alimentado com volumoso extrusado. Ocorreu diferenças estatísticas para as variáveis relacionadas a ingestão hídrica, parâmetros fecais e urinários, comportamento ingestivo, glicemia e metabólitos sanguíneos proteicos e energéticos. Os tempos gastos em mastigação e ruminação aumentaram conforme a adição de silagem de milho. Conclui-se que a substituição da silagem de milho pelo volumoso extrusado pode ser realizada sem causar quaisquer efeitos deletérios aos ovinos adultos.

**Palavras chaves:** Consumo de matéria seca. Digestibilidade. Ingestão. *Ovis aries*. Ruminantes

## Extruded soybean hull as a replacement of corn silage: nutritional, biochemical parameters, ingestive behavior of sheep

### Abstract

The objective of this work was to evaluate the effects of extruded soybean hulls replacing corn silage. Twenty sheep of the Santa Inês breed were used, with 10 animals for each diet, with an average weight of 57.00 kg and an average age of three years. The treatments consisted of extruded roughage and corn silage. There was an evaluation of consumption, digestibility, ingestive behavior and blood metabolites. A completely randomized design was used. There was a higher dry matter intake (DMI) for animals fed with extruded roughage. There were statistical differences for variables related to water intake, fecal and urinary parameters, ingestive behavior, blood glucose and blood protein and energy metabolites. Time spent chewing and ruminating increased with the addition of corn silage. It is concluded that the replacement of corn silage by extruded bulk can be performed without causing any deleterious effects to adult she4ep.

**Keywords:** Dry matter intake. Digestibility. ingestion. *Ovis aries*. Ruminants

<sup>1</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Discente Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Uberlândia, MG. Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-4901-4775>

<sup>2</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Discente Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Uberlândia, MG. Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-7624-6945>

<sup>3</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Discente Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Uberlândia, MG. Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-0388-9197>

<sup>4</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Discente Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Uberlândia, MG. Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-8674-3769>

<sup>5</sup>Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", UNESP, Discente do curso de Doutorado – Programa de Pós Graduação em Zootecnia. Jaboticabal, SP Brasil. <https://orcid.org/0000-0002-7792-2615>

<sup>6</sup>Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Medicina Veterinária, Docente do curso de Zootecnia. Uberlândia, MG. Brasil. <https://orcid.org/0000-0001-5781-7917>

\*Autor para correspondência: [luedugovi@hotmail.com](mailto:luedugovi@hotmail.com)

Recebido para publicação em 02 de fevereiro de 2023. Aceito para publicação em 11 de março de 2023  
e-ISSN: 2447-6218.



Caderno de Ciências Agrárias está licenciado  
com uma **Licença Creative Commons**  
**Atribuição - Não Comercial 4.0 Internacional**

## Introdução

Perante a elevação de custo das fontes tradicionais de energia presentes nas dietas dos ruminantes, a casca de soja torna-se uma alternativa vantajosa mediante seu custo inferior por tonelada métrica (Russell et al., 2016), por ser um subproduto oriundo da indústria de óleo de soja e na produção de biocombustível, constituindo em torno de 2% do grão. Possui a função fisiológica de fibra vegetal e apresenta baixa quantidade de lignina (Carvalho et al., 2015).

De acordo com Zarpelon et al. (2015), a inclusão de cascas de sementes em rações pode contribuir para diminuição do risco de alterações metabólicas e ampliação do desempenho animal, uma vez que há considerável quantidade de fibra contida nestes ingredientes. Ainda segundo esses autores, a peletização da casca de soja promove melhora na digestibilidade dos nutrientes, palatabilidade da ração e consumo

A extrusão altera a estrutura do amido e promove sua gelatinização, na qual ocorre a liberação de amilose e amilopectina que aumentam a solubilidade e a capacidade de absorver água deste polissacarídeo, reduzindo ao mesmo tempo sua viscosidade (Goi et al., 2020).

Diversas pesquisas avaliam os efeitos nutricionais, metabólicos e comportamentais referentes à inclusão de ração extrusada para ruminantes (Araújo et al., 2020; Oliveira et al., 2020a; Oliveira et al., 2020b; Ruela et al., 2020; Silva et al., 2020a), apesar destas pesquisas, nenhuma delas utiliza a casca de soja como ingrediente no processo de extrusão.

A hipótese desse trabalho está na possibilidade da casca de soja extrusada, substituir a silagem de milho e consequentemente, melhorar a dinâmica ruminal, aumentar o consumo e manter o metabolismo dos animais em índices adequados. O objetivo desse experimento é contrastar a casca de soja extrusada e a silagem de milho, com base no consumo, digestibilidade, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos de ovelhas adultas da raça Santa Inês.

## Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido no setor de caprinos e ovinos presente na fazenda Capim Branco, da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), durante o mês de maio de 2017, tendo duração de 21 dias, sendo os quinze primeiros dias utilizados para adaptação dos animais a dieta experimental, e os seis últimos para coletas de fezes, urina, sobras de alimento e água. Os animais avaliados foram vinte ovelhas da raça Santa Inês, vazias, com idade média de três anos e peso corporal médio de 57,00 kg, sendo dez animais para cada dieta. Durante todo o período experimental, os animais ficaram mantidos em gaiolas metabólicas providas de bebedouro, comedouro, piso ripado, saleiro e aparato de separação de fezes e urina, seguindo padrão dos Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia (INCT). Previamente à alocação dos animais, todos foram pesados e everminados (via oral) no primeiro dia do experimento.

Os tratamentos testados foram compostos por volumoso comercial extrusado, Forrage<sup>®</sup> 52,5% casca de soja (Nutratta Nutrição Animal, Itumbiara-GO, Brasil) e silagem de milho. Os grupos experimentais tiveram os seguintes níveis: 100% de Forrage<sup>®</sup> e 100% de silagem de milho. O Forrage<sup>®</sup> 52,5% casca de soja tem em sua composição: Casca de soja, Premix mineral vitamínico, amido de milho, semente de girassol e ureia, sendo que, por se tratar de um produto protegido por lei de patente comercial, as porcentagens de seus constituintes são mantidas em sigilo.

A alimentação foi ofertada aos animais duas vezes ao dia, primeiramente às 08:00hrs e posteriormente às 16:00hrs. Em cada um desses turnos foi distribuído 50% do total diário, com balanceamento para que houvesse 5-10% de sobras do total fornecido ao longo do dia. Durante todos os 21 dias do experimento, os animais tiveram livre acesso à água e sal mineral específico para ovinos. Na tabela 1 está descrita a composição química do Forrage<sup>®</sup> 52,5% Casca de Soja e da silagem de milho.

Tabela 1 – Composição percentual e bromatológica do Forrage<sup>®</sup> 52,5% Casca de Soja (F) e da silagem de milho (S).

Tratamento	MS	PB	FDN	FDA	NDT**
Silagem	32,32	8,21	55,63	34,25	61,99
Forrage CS	90,80	7,90	53,59	35,18	67,40

MS: matéria seca; PB: proteína bruta; EE: extrato etéreo; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; NDT: nutrientes digestíveis totais. \*Valores fornecidos pelo fabricante Nutratta<sup>®</sup>. \*\*Valores obtidos através de análises bromatológicas efetuadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Uberlândia; \*\*\*NDT = 87,84 – (0,7 x %FDA) (Rodrigues, 2010)

O consumo de matéria seca (CMS) dos alimentos foi calculado com base na seguinte fórmula: CMS = (ofertado de alimento x % matéria seca do ofertado) – (sobras de alimento x % matéria seca das sobras).

Após os quinze dias destinados à adaptação dos animais, foram realizadas as coletas de dados. Em todos os dias de coleta, os alimentos ofertados, sobras e fezes foram pesados e amostrados utilizando balança eletrônica com precisão de cinco gramas. Foram feitas amostras

compostas a partir das amostras simples provenientes de cada animal para realização das análises bromatológicas e cálculo de consumo e digestibilidade da matéria seca. No final do período de coleta, estas amostras foram armazenadas em freezers horizontais à -15°C, para conservação, e em seguida, os alimentos ofertados, sobras e fezes foram pré-secos em estufa ventilada à 55°C durante 72 horas, até ser obtido peso constante. Em seguida, foram trituradas com a utilização de um moinho de facas tipo Willey, em partículas de 1 mm.

$$CN = (Cons \times \%cons) - (Sob \times \%sob) \text{ (Eq. 1)}$$

Onde: CN = consumo do nutriente (kg); Cons = quantidade de alimento consumido (kg); %cons = teor do nutriente no alimento fornecido (%); Sob = quantidade de sobra retirada (kg); %sob = teor do nutriente nas sobras (%); DA = digestibilidade aparente (%); Fez = quantidade de fezes coletada (kg); %fez = teor do nutriente nas fezes (%).

A urina foi obtida através da utilização de baldes com telas, onde ocorria a retenção das fezes, sendo essas recolhidas em bandejas plásticas. O volume urinário (VU) foi mensurado com o auxílio de provetas graduadas de plástico com capacidade máxima de dois litros e precisão de 20 mL. Foi quantificado o VU excretado por cada animal durante um período de 24 horas, em seguida, amostrado cerca de 20% do total diário de todos os baldes coletores, durante cada um dos cinco dias de coleta. As amostras coletadas foram filtradas por meio de filtros descartáveis de papel e posteriormente armazenadas em garrafas plásticas identificadas para cada tratamento. Todas as amostras foram mantidas em um freezer vertical à 15°C para futuras análises.

A densidade urinária (DU) foi obtida com o uso de um refratômetro manual portátil Megabrix® (Fremont, Ohio, Estados Unidos) com o auxílio de pipetas descartáveis, onde 1 mL de urina foi transferido do balde coletor para o prisma do optômetro. Esse procedimento foi realizado sob luz fluorescente, sempre na mesma posição. Entre a mensuração de cada amostra, o refratômetro foi higienizado e seco com papel toalha no intuito de não ocorrer interferências entre os resultados.

O escore fecal (EF) foi avaliado pela escala descrita por Gomes et al. (2012), onde na escala um (1) as fezes são ressecadas e sem brilho; na escala dois (2) as fezes são normais; na escala três (3) as fezes são ligeiramente amolecidas; na escala quatro (4) as fezes são amolecidas, perdendo o formato e coladas umas às outras; na escala cinco (5) as fezes são amolecidas e sem formato normal; e na escala seis (6) as fezes são diarreicas.

O consumo de água (CH<sub>2</sub>O) dos animais foi obtido com base na diferença entre a quantidade de água ofertada diariamente e as sobras anotadas no dia posterior, sendo levada em consideração a quantidade de água de evaporação. A água fornecida foi mensurada

Após esse procedimento, as amostras foram levadas ao Laboratório de Nutrição Animal da UFU, onde foi verificada a matéria seca das porções de ofertado, sobras e fezes, em estufa à 105°C durante 24 horas, sendo então possível determinar a matéria seca definitiva das mesmas e teor de nutrientes, e posteriormente, a matéria seca definitiva e digestibilidade aparente dos nutrientes através das equações (Eq. 1 e 2) proposta por Maynard et al., (1984):

$$DA = CN - (Fez \times \%fez) \text{ CN} \times 100 \text{ (Eq. 2)}$$

com o auxílio de uma proveta graduada de plástico com capacidade máxima de dois litros e exatidão de 20 mL. Foram disponibilizados aos animais seis litros de água diariamente, entretanto, caso houvesse necessidade, ofertava-se quantidades maiores. A evaporação foi avaliada a cada 24 horas através da alocação de um balde no galpão experimental contendo seis litros de água, onde o mesmo ficou em local de acesso restrito aos animais. Esse balde foi inserido durante o momento de fornecimento de água, em uma superfície plana correspondente à altura dos baldes presentes nas gaiolas metabólicas. A mensuração da quantidade evaporada também foi por meio da diferença entre os seis litros ofertados e as sobras verificadas no dia seguinte. Para a realização dos cálculos estatísticos, a quantidade total de água evaporada foi descontada do consumo diário de água de cada animal.

As coletas de sangue para avaliação dos componentes bioquímicos também foram realizadas após o período de adaptação dos animais, sendo feitas no primeiro, terceiro e quinto dia de coleta do experimento, antes da primeira refeição ofertada no dia com os animais em jejum desde a última refeição ofertada no dia anterior. Considerou-se a média desses três dias para realização dos cálculos estatísticos. As colheitas de sangue ocorreram por venopunção da jugular com tubos Vacutainer® (BD) sem anticoagulante. Os componentes bioquímicos avaliados para determinação do metabolismo energético foram: triglicerídeos, colesterol e frutossamina e para determinação do metabolismo proteico foram: ureia, proteínas totais, ácido úrico, albumina e creatinina.

Já para a avaliação glicêmica, as colheitas foram realizadas no quinto dia de coleta de dados, às 8:00 (antes da primeira refeição), 11:00, 14:00, 17:00 e 20:00 horas. Excepcionalmente nesse dia, a segunda refeição somente foi ofertada após a colheita das 20:00 horas. Essas amostras foram coletadas por meio de venopunção da jugular com a utilização de tubos Vacutainer® (BD) contendo fluoreto de sódio e ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA), identificados para cada animal. Não foram mensurados os efeitos do estresse da coleta a cada três horas nos animais.

As amostras de sangue coletadas foram centrifugadas a 3000 rotações por minuto, durante 10 minutos. Após a separação do soro em alíquotas, estes ficaram

armazenados em freezer à -15°C para futuras análises laboratoriais. As amostras foram processadas em analisador bioquímico automatizado Bioplus® 2000 (Bioplus Produtos para Laboratório Ltda.), usando kit comercial da Lab. Test Diagnósticos S. A.®.

No último dia do período de coleta, ocorreu a mensuração do comportamento ingestivo, onde os animais foram submetidos à observação visual por pessoas treinadas, em sistema de revezamento, dispostas de maneira a não incomodar os animais durante vinte e quatro horas, uma vez ao longo do período de coleta. No período noturno, o ambiente recebeu iluminação artificial e as luzes ficaram previamente acessas durante cinco dias antes da avaliação para promover a adaptação

dos animais às mesmas. Os animais foram avaliados a cada cinco minutos, era observado se estavam ingerindo alimento ou água separadamente (ING), ou se estavam em ruminção (RUM) ou ócio (ÓCIO), de acordo com a metodologia proposta por Fischer et al. (1998).

Os cálculos das atividades foram feitos em minutos por dia, admitindo que, nos cinco minutos subsequentes a cada observação, o animal permaneceu na mesma atividade. Já o tempo total gasto em mastigação (MAST) foi determinado somando-se os tempos gastos em ingestão (ING) e ruminção (RUM). As eficiências de ingestão (Eing), mastigação (Emast) e ruminção (Erum) foram obtidas segundo Polli et al. (1995), de acordo com as equações 3, 4 e 5:

$$E_{Ing} \text{ (g min}^{-1}\text{)} = \text{CMS}/\text{Tal (Eq. 3)} \quad E_{Mast} \text{ (g min}^{-1}\text{)} = \text{CMS}/\text{Tmast (Eq. 4)} \quad E_{Rum} \text{ (g min}^{-1}\text{)} = \text{CMS}/\text{Trum (Eq. 5)}$$

Onde: CMS é consumo de MS (g MS dia<sup>-1</sup>), Tal é o tempo de alimentação (min dia<sup>-1</sup>), Tmast é o tempo em mastigação (min dia<sup>-1</sup>) e Trum é o tempo em ruminção (min dia<sup>-1</sup>).

Para as variáveis analisadas utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com dois tratamentos e dez repetições. Já para glicemia considerou-se delineamento inteiramente ao acaso com parcela subdividida, onde nas parcelas ficaram os tratamentos e nas sub parcelas os horários de coleta. Utilizou-se a análise de modelos mistos, em que foram avaliadas todas as estruturas de covariâncias (S) disponíveis no pacote do software SAS (SAS Institute, 2012) que modelam a dependência dos erros do modelo. Para selecionar a estrutura de covariância que melhor explique a correlação residual, foi utilizado o critério de informação de Akaike (AIC), sendo escolhida, para cada variável, a estrutura que resultou no menor valor de AIC após a análise (Silva et al., 2015).

Todos os dados foram testados quanto à normalidade e homoscedasticidade das variâncias dos tratamen-

tos. As variáveis normais e com variâncias homogêneas foram submetidas à análise de variância e regressão. Observou-se a significância dos efeitos linear, quadrático e não significância da falta de ajuste do modelo, sendo a probabilidade de erro tipo I utilizada para tomada de decisão 5%. Os dados referentes ao escore fecal foram analisados por estatística não paramétrica, por meio do teste de Kruskal e Wallis (1952) seguido pelo procedimento de Conover (1980) com nível de significância de 5% de probabilidade de erro tipo I.

## Resultados e Discussões

Os animais alimentados com Foragge CS tiveram maior consumo de matéria seca expresso em kg/dia e em relação ao peso corporal do que os animais alimentados com silagem de milho (P<0,05; Tabela 2). Já a digestibilidade de matéria seca (DMS) o grupo que consumiu 100% de silagem de milho adquiriu a maior porcentagem perante os demais (Tabela 2).

Tabela 2 – Consumo e digestibilidade da matéria seca dos animais consumindo volumoso extrusado e silagem de milho.

Tratamento	CMS (kg)	CMS/PC (%)	CMS/PM (PC <sup>0,75</sup> )	DMS (%)
Silagem de Milho	1,50 B	2,52 B	69,94 B	65,97 A
Foragge CS	2,10 A	3,41 A	95,48 A	58,62 B
P – Valor	0,0025	0,0032	0,0027	0,0015
MG	1,78	2,96	82,10	62,47
CV	24,92	21,84	22,09	12,78

CMS- Consumo de matéria seca; CMS/PC- Consumo de matéria seca por peso corporal; CMS/PM- Consumo de matéria seca por peso metabólico; DMS- Digestibilidade da matéria seca; Letras distintas na coluna diferem-se pelo Teste de Tukey a 5%. MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação (%).

De acordo com o NRC (2007) o consumo de matéria seca ideal para ovelhas adultas em manutenção é de 1,83% em relação ao peso corporal. Entretanto, no presente estudo, o consumo manteve-se acima do recomendado em todos os tratamentos. Para o tratamento

silagem de milho o consumo foi 27% acima do recomendado, enquanto o tratamento extrusado foi 46% acima do recomendado. Esta diferença pode estar relacionada ao efeito de enchimento ruminal causado nos animais que consumiram exclusivamente silagem de milho. Ou seja,



a silagem por conter partículas maiores permaneceu no rúmen por mais tempo, sofrendo os efeitos físicos, provenientes da mastigação durante o processo de ruminação e da degradação pelos microrganismos ruminais. [Silva et al. \(2020a\)](#), [Oliveira et al. \(2018\)](#) e [Rodrigues et al. \(2022\)](#) também verificaram que o CMS aumenta linearmente conforme maior adição de volumoso extrusado na dieta.

Segundo [Ammer et al. \(2017\)](#), o CMS dos animais é influenciado pela granulometria e teor nutricional da dieta sobre o enchimento ruminal e, efeitos fisiológicos consequentes do fornecimento energético da ração. À vista disso, como as partículas de produtos extrusados possuem tamanho médio de 2mm e são homogêneas, essas características podem ter contribuído para as respostas analisadas no consumo pelos animais, pois a oferta de volumoso extrusado, teve um maior CMS necessário para atingir o preenchimento do rúmen. Além disso, os animais que receberam volumoso extrusado não tiveram seu consumo limitado pela ingestão de fibra, uma vez que segundo [Macedo Júnior et al. \(2012\)](#), caso os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) comprometam a oferta de carboidratos fermentáveis de origem não fibrosa (CNF), o CMS é reduzido.

A casca de soja possui alto valor energético devido à curva de degradação da pectina no rúmen e por apresentar altos teores de FDN com alta digestibilidade. É classificada como fibra rapidamente degradada no rúmen devido a sua fermentação ruminal, o que também contribui para maior taxa de passagem e digestibilidade da fibra ([Andrade e Quadros, 2011](#)). As características digestivas e composição da casca de soja associada ao processo de extrusão pode ter proporcionado maior CMS (tabela 2) dos animais devido a uma provável elevação na taxa de passagem dos alimentos, provocada pelo tamanho das partículas do volumoso extrusado e alta fermentação da casca de soja, levando os animais a ingerirem mais alimentos para que o rúmen fosse preenchido. Os dados apurados nesse experimento não estão distantes de trabalhos existentes literatura como os de [Silva et al. \(2020a\)](#), [Oliveira et al. \(2018\)](#) e [Rodrigues et al. \(2022\)](#) e sugerem que a silagem de milho pode ser substituída por volumoso extrusado sem promover efeitos deletérios no consumo.

Com relação à digestibilidade da matéria seca (DMS) obteve o maior percentual o tratamento de silagem de milho, devido esse grupo ter apresentado o menor CMS (tabela 2), uma vez que um menor consumo reduz a taxa de passagem e conseqüentemente, aumentar a digestibilidade pelo tempo de permanência do alimento dentro do rúmen. Devido à casca de soja apresentar alto valor de FDN, FDA, ser rico em pectina e possui baixo teor de lignina em sua fração fibrosa, ela é rapidamente degradada no rúmen, que contribui para aumento da taxa de passagem e aumentando o CMS dos animais que consumiram alimento em forma extrusada, diminuindo a

digestibilidade das dietas em razão de um menor tempo de permanência no rúmen. Além disso, os animais que receberam volumoso extrusado não tiveram seu consumo limitado pela ingestão de fibra, uma vez que segundo [Macedo Júnior et al. \(2012\)](#), caso os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) comprometam a oferta de carboidratos fermentáveis de origem não fibrosa (CNF), o CMS é reduzido.

Foi obtido por [Silva et al. \(2020a\)](#) DMS média de 54,30% para dietas compostas por diferentes relações entre silagem e volumoso extrusado a base de Capim-marandu (*Urochloa brizantha*) em ovelhas adultas. A DMS média da silagem de milho brasileira é de 59,58% ([Valadares Filho et al., 2018](#)), portanto, os dados desse trabalho aproximam-se da literatura e permitem que haja substituição desse alimento pelo volumoso extrusado testado. Para melhor avaliação, os aspectos referentes ao consumo dos animais e digestibilidades das dietas, foram analisadas as variáveis descritas na tabela 3.

Com relação à ingestão hídrica dos animais, foram verificadas diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ) para a variável consumo de água ( $CH_2O$ ) e consumo de água em relação ao consumo de matéria seca ( $CH_2O/CMS$ ). A equação proposta pelo NRC (2007), para realização do cálculo de exigência de  $CH_2O$  diário de ovinos, por meio do CMS, é:  $CH_2O = 3,86 \times CMS - 0,99$ . Logo, com base no CMS obtido (Tabela 2), os animais necessitariam ingerir 7,11 L dia para a dieta com volumoso extrusado, valor distante do obtido que foi de 3,247 L dia, e como apresentado na tabela 2 não houve redução no CMS.

Segundo [Santos et al. \(2019\)](#), é importante ofertar adequado nível de água para ovinos, pois sua falta ocasiona diminuição do CMS e digestibilidade dos nutrientes contidos na ração, o que neste estudo não ocorreu, visto que os animais que consumiram volumoso extrusado apresentaram baixo  $CH_2O$  (tabela 3) e alto CMS (tabela 2). A dieta com silagem de milho apresentou menor  $CH_2O$ , o que pode ser justificado pelo fato de a silagem de milho utilizada possuir maior teor de água em sua composição, uma vez que segundo [Neto et al. \(2016\)](#), animais que consomem alimentos ricos em água tendem a diminuir sua ingestão para regular o volume de água corporal. De acordo com as informações contidas na Tabela 1, a matéria seca (MS) da silagem de milho foi de 32,32% ao passo que o volumoso extrusado possuía 90,80% de MS, dessa forma, é possível observar que o volumoso extrusado apresentava 89,14% de água a menos em sua composição perante a silagem de milho utilizada, corroborando com os resultados obtidos para a variável  $CH_2O$ .

Os parâmetros urinários apresentaram diferenças estatísticas entre os grupos avaliados ( $P > 0,05$ ). O volume urinário (VU) excretado por ovinos varia de 0,1 a 0,4 L para cada 10kg de peso vivo ([Hendrix, 2005](#)), sendo assim, seria necessário 0,51-2,04 L dia de VU, onde ambas dietas promoveram valores dentro do esperado, não

influenciando de modo negativo na excreção urinária dos animais. A densidade urinária (DU), segundo o mesmo autor, oscila de 1,020-1,040 g mL<sup>-1</sup>, dessa forma, não foram notados distúrbios nessa variável, mesmo para os animais que receberam volumoso extrusado e tiveram o valor próximo ao limite superior de referência (1,0346

g mL<sup>-1</sup>). Todos os dados obtidos referentes à ingestão hídrica e urina dos animais indicam que a substituição da silagem de milho por volumoso extrusado a base da casca de soja, pode ser realizada sem promover quaisquer alterações no CMS.

Tabela 3 – Ingestão de água, parâmetros fecais e urinários e movimentos ruminais de ovelhas recebendo volumoso extrusado e silagem de milho.

Tratamento	CH <sub>2</sub> O (L)	CH <sub>2</sub> O/CMS (L/kg)	VU (L)	DU
Silagem	0,944 B	0,62 B	1,09 A	1,0173 B
Forrage CS	3,247 A	1,48 A	0,62 B	1,0346 A
P – Valor	0,0052	0,0063	0,0001	0,0001
MG	2,04	1,03	0,874	1,0255
CV	30,88	36,57	30,17	0,81
Tratamento	PFMS (g)	MSF (%)	EF*	MR (mov/5min)
Silagem	0,515 B	38,91 B	2,16 B	6,72 A
Forrage CS	0,936 A	45,22 A	2,70 A	5,60 B
P – Valor	0,0235	0,01478	0,02987	0,0009
MG	0,715	41,92	2,41	6,19
CV	34,96	9,86	16,98	9,51

CH<sub>2</sub>O- Consumo de água; CH<sub>2</sub>O/CMS- Consumo de água por consumo de matéria seca; VU- Volume urinário; DU- Densidade urinária; PFMS- Peso de fezes na matéria seca; MSF- Matéria seca fecal; EF- Escore de fezes; MR- Movimentos ruminais; MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação (%). \*Estatística não paramétrica, utilizando teste de Kruskal e Wallis; Letras distintas na coluna diferem-se pelo Teste de Tukey a 5%.

Já na avaliação das fezes, foi observada significância (P<0,05) para a variável peso das fezes na matéria seca (PFMS) e matéria seca fecal (MSF). A MSF apresentada na tabela 3 se encontra dentro do estimado por Van Cleef et al. (2014) que é em torno de 37 a 44% de matéria seca. Tal fato pode ser correlacionado com o CMS dos animais, elevada taxa de passagem e com o baixo CH<sub>2</sub>O, proporcionando maior PFMS. Ademais, a casca de soja é um produto rico em pectina e possui baixo teor de lignina em sua fração fibrosa, o que contribui para uma maior taxa de fermentação desse produto no rúmen e elevada taxa de passagem, aumentando o volume fecal dos animais. Silva et al. (2020a) e Rodrigues et al. (2022) verificaram que os valores de PFMS aumentaram linearmente conforme a adição de volumosos extrusados.

O escore fecal (EF) apresentou diferenças estatísticas (P<0,05). Este parâmetro é utilizado para avaliar características como, umidade, consistência e formato, sendo elas associadas a digestibilidade, possuem classificação de 1 a 6 (Gomes et al., 2012). Segundo Gomes et al., (2012) o escore fecal ideal que indica um bom funcionamento digestivo está em torno de 2. Como a média observada no presente estudo foi de 2,41, podemos concluir que os animais apresentavam boa atividade gastrointestinal. Para os animais alimentados com volumoso extrusado o EF apresentou-se maior em relação aos alimentados com silagem, isso devido ao fato de que o Forrage ter

proporcionado aos animais maior taxa de passagem, consequentemente maior MSF e PFMS e diminuição na DMS.

Houve diferença entre os tratamentos para movimentos ruminais (MR) (P<0,05), sendo que o tratamento com volumoso extrusado apresentou menor valor de movimentação ruminal (Tabela 3) devido ao tamanho das partículas que propiciou maior taxa de passagem, maior CMS e menor DMS. Em contrapartida a dieta contendo silagem de milho como volumoso apresentou maior movimentação ruminal devido a partícula deste alimento ser maior. Sabe-se que a movimentação ruminal é estímulo para a ruminação, sendo este influenciado pela dieta, ou seja, pelo tamanho das partículas do volumoso ofertado. Os valores encontrados para movimento ruminal apresentaram média de 1,23 mov/min, segundo Marques et al. (2007), são considerados normais de 1 a 3 movimentos/min de ruminação.

Com relação à avaliação de comportamento ingestivo dos animais, as variáveis ingestão (ING), ruminação (RUM) e a mastigação (MAST), Ócio, eficiência de ingestão (EIng), eficiência de ruminação (ERum) e eficiência de mastigação (EMast) obtiveram diferenças estatísticas (P<0,05) entre volumoso extrusado e silagem de milho (Tabela 4).

Tabela 4 – Comportamento ingestivo de ovelhas recebendo volumoso extrusado e silagem de milho.

Tratamento	ING (min)	RUM (min)	ÓCIO (min)	MAST (min)
Silagem	326,36 A	469,09 A	644,54 B	795,45 A
Foragge CS	211,50 B	108,50 B	1120,0 A	320,0 B
P – Valor	0,0036	0,0042	0,0037	0,0049
MG	271,66	297,38	870,95	569,04
CV	24,19	24,60	12,43	19,03
Tratamento	EIng (g/min)	ERum (g/min)	EMast (g/min)	
Silagem	4,77 B	3,28 B	1,91 B	
Foragge CS	10,87 A	25,85 A	7,20 A	
P – Valor	0,0058	0,0069	0,0064	
MG	7,68	14,03	4,43	
CV	44,02	46,57	51,31	

ING- Ingestão; RUM- Ruminação; MAST- Mastigação; EIng- Eficiência ingestão; ERum- Eficiência ruminação; EMast- Eficiência mastigação; MG- Média geral; CV: Coeficiente de variação (%). Letras distintas na coluna diferem-se pelo Teste de Tukey a 5%.

O tempo gasto com a ruminação foi superior na dieta contendo silagem de milho, isto ocorreu devido ao fato do volumoso extrusado ofertado ter partículas físicas menores, proporcionando menos minutos em ruminação por dia. A dieta com silagem de milho diminui a taxa de passagem e aumenta a necessidade de ruminação, elevando os movimentos ruminais (tabela 3) para que suas partículas atinjam o tamanho necessário e consigam seguir para o retículo. Sendo assim, o aumento no CMS (Tabela 2) dos animais que consumiram volumoso extrusado pode ser correlacionado com o menor tempo gasto em ruminação, menor número de movimentos ruminais por minuto promovendo uma maior taxa de passagem do alimento pelo trato gastrointestinal e esvaziamento mais rápido do rúmen devido ao tamanho das partículas dos alimentos. Além disso, o tempo de ruminação médio diário para ovinos adultos varia entre 4 e 9 horas devido à natureza das dietas ofertadas e teor da parede celular presente nos alimentos volumosos da dieta (Van Soest, 1994). Os animais que receberam silagem de milho apresentaram maior DMS e despenderam mais tempo em ruminação e mastigação que os demais, podendo ser justificado devido à natureza desses processos favorecerem o aproveitamento dos constituintes da dieta, devido a redução do tamanho das partículas do alimento, favorecendo a digestibilidade dos alimentos, especialmente a fração fibrosa. O oposto é observado para o volumoso extrusado, o qual o tempo de ruminação foi de 1,8 horas, valor esse bem abaixo do exposto por Van Soest (1994).

O tempo gasto em mastigação foi maior na dieta de silagem de milho, que se relaciona com o tamanho físico das partículas dos alimentos ofertados, uma vez que as dietas compostas por volumoso extrusado possuíam granulometria menor, logo, os animais precisavam realizar menos movimentos mastigatórios para deglutição. Além disso, a ruminação apresentou o mesmo padrão de resposta e contribuiu para aumento do tempo necessário de mastigação dos animais perante a silagem. Foi visto por Araújo et al. (2020) e Rodrigues et al. (2022) que o

tempo em mastigação foi maior para animais que receberam silagem de milho diante do volumoso extrusado.

Em contrapartida, o ócio dos animais aumentou na oferta de volumoso extrusado diante a silagem de milho. Um menor tempo gasto com ócio evidencia que as ovelhas tiveram mais tempo para ruminar e mastigar, entretanto, um ócio maior pode proporcionar menor gasto energético e ganhos em desempenho (Rodrigues et al. 2022), o mesmo foi evidenciado por Araújo et al. (2020) e Rodrigues et al. (2022) onde trabalharam com diferentes níveis de volumosos extrusados em substituição à silagem de milho.

Com relação às eficiências de ingestão, ruminação e mastigação, o tamanho médio de 2 mm das partículas do volumoso extrusado pode ter contribuído para os resultados obtidos, já que são digeridas com maior facilidade pelos microrganismos ruminais e levam um tempo menor para atingir a proporção necessária para seguirem o fluxo gastrointestinal. Esse resultado pode ter contribuído para o alto CMS (Tabela 2) dos animais consumindo volumoso extrusado e proveniente dos valores obtidos dessas variáveis, pois essa dieta teve EIng, ERum e EMast cerca de 2,27, 7,88 e 3,76 vezes maior que o grupo com dieta de silagem de milho, respectivamente.

A glicemia foi observada quanto às médias obtidas pelos tratamentos, assim como pela variação de horário ao longo do dia. Para essas duas análises, foram observadas diferenças estatísticas ( $P > 0,05$ ) (Tabela 5).

A glicose é sintetizada no fígado e nos rins, sendo o primeiro o mais importante no processo de gliconeogênese nos ruminantes (Loncke et al., 2020). Por ser um produto rico em pectina, sua fermentação gera em sua maioria o ácido acético, que ajuda a contribuir para manutenção da exigência diária de energia. Uma pequena parcela da fermentação da pectina tem a formação de propionato, precursor da glicose, sendo o responsável

pelos níveis de glicose encontrados. Observou-se que nas três horas pós-prandial ambas as dietas apresentaram pico de glicose. Ao longo do dia, a dieta contendo silagem de milho teve uma queda pouco acentuada nos níveis de glicose, isso é devido ao padrão de fermentação deste alimento, que por ser mais lenta, permanece maior tempo

no rúmen e tem produção de ácidos graxos voláteis por um maior período quando comparamos com o volumoso extrusado que tem rápida fermentação e absorção dos ácidos graxos voláteis produzidos, provocando um declínio maior nos níveis de glicose.

Tabela 5 – Concentração glicêmica para interação tratamento X horário de colheita de ovelhas alimentadas com volumoso extrusado e silagem de milho.

Tratamento	08:00	11:00	14:00	17:00	20:00
Silagem <sup>1</sup>	50,90 B	64,54	54,24	43,18	43,72
Foragge CS <sup>2</sup>	67,60 A	68,40	47,20	46,20	51,80
P – Valor	0,0458	0,2570	0,26971	0,3258	0,3698

MG 53,69

CV 23,25

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação (%). Letras distintas na coluna diferem-se pelo Teste de Tukey a 5%. <sup>1</sup>  $Y = 123,445079 - 8,415556X + 0,236508X^2$   $R^2 = 73,65\%$  <sup>2</sup>  $Y = 29,141126 + 4,930303X - 0,218615X^2$   $R^2 = 58,78\%$ .

De acordo com Silva et al. (2020b), para ovinos criados no Brasil, onde o intervalo de glicose considerado referência é de 30 – 94 mg/dL, todos os tratamentos atingiram valores considerados adequados com a média de 53,69 mg/dL. A presença de amido tanto na silagem de milho quanto no volumoso extrusado contribuiu para esta normalidade, promovendo manutenção da estabilidade

energética durante todo o período, evitando possíveis alterações fisiológicas (Araújo, 2020). Houve significância e resposta quadrática ( $P < 0,05$ ) para as dietas empregadas em relação ao horário. Dessa forma, foram avaliados os índices dos metabólitos proteicos e energéticos dos animais a fim de avaliar possíveis distúrbios metabólicos ocasionados pelas dietas ofertadas (Tabela 6).

Tabela 6 – Concentração dos metabólitos energéticos e proteicos de ovelhas alimentadas com volumoso extrusado e silagem de milho.

Tratamento	Triglicérides (mg/dL)	Colesterol (mg/dL)	Ureia <sup>1</sup> (mg/dL)	Proteínas Totais (g/dL)	Ácido Úrico <sup>1</sup> (mg/dL)	Albumina (g/dL)	Creatinina (mg/dL)
Silagem	31,59 A	66,31	16,18 B	5,36	0,17	3,50	0,84
Foragge CS	23,45 B	59,60	32,50 A	5,28	0,15	3,11	0,76
MG	27,71	63,11	23,97	5,32	0,16	3,31	0,80
CV	35,16	18,53	31,50	10,16	31,12	15,77	16,24
P	0,0711	0,2044	0,0001	0,7569	0,7398	0,1033	0,1994
VR*	5-71	14-126	10-92	3,1-10,7	0-1,7	1,1-5,2	0,4-1,7

MG: Média geral; CV: Coeficiente de variação (%); VR\*: Valor de referência segundo Silva et al. (2020b) para ovinos no Brasil. Letras distintas na coluna diferem-se pelo Teste de Tukey a 5%.

Com relação ao metabolismo proteico dos animais, apenas a ureia apresentou significância ( $P < 0,05$ ) à silagem de milho. Segundo Van Soest (1994), o amido possui alta digestibilidade, e sua digestão ruminal pode ser influenciada por fatores como processamento do grão e nível de ingestão. Essa variável reflete o estado proteico do animal em curto prazo devido à rápida fermentação e absorção da amônia. A elevação da ureia sanguínea na dieta com volumoso extrusado pode ter sido proveniente da alta taxa de passagem e do alto CMS pelos animais não havendo sinergismo na degradação de carboidratos e proteínas em nível ruminal. Sendo assim, a amônia produzida no rúmen não foi efetivamente utilizada pela microbiota, sendo então absorvida pelo epitélio ruminal,

indo para circulação sanguínea e para ser metabolizada no fígado, a qual é transformada em ureia, o que promoveu o aumento na concentração de ureia no sangue. Mesmo com a resposta verificada, todos os tratamentos incluem-se no VR sugerindo que a diferença estatística encontrada não prejudicou o metabolismo dos animais e indica boa disponibilidade proteica presente nas dietas ofertadas.

A creatinina possui estreita relação com a massa muscular que varia de acordo com o grau de exercício realizado pelos animais (Schutte et al., 1981). Além disso, a creatinina também está ligada às funções renais, sendo um importante indicativo da função renal, devido ao fato



de seus níveis sofrerem pouca ou nenhuma influência de fatores como dieta, idade ou sexo. Como essa variável está incluída no VR e o VU e DU apresentaram-se adequados, os animais não demonstraram quaisquer distúrbio renal (Tabela 3).

A concentração de ácido úrico indica correlação positiva com a quantidade de proteína microbiana disponível para a digestão intestinal no animal (Giesecke et al., 1994) e capacidade fermentativa do rúmen, estando relacionado com os valores observado para a DMS (Tabela 2). Os valores encontrados no presente estudo mantiveram-se dentro do indicado para espécie ovina (Tabela 6).

A concentração de albumina manteve-se no intervalo recomendado (Tabela 6). Este metabólito constituiu as principais proteínas plasmáticas, desempenhando várias funções como: manutenção da pressão osmótica e viscosidade do sangue, transporte de nutrientes, metabólitos, hormônios e produtos de excreção, regulação do pH sanguíneo e coagulação sanguínea (González e Silva, 2006). A albumina também é considerada um indicador mais sensível para determinar o estado nutricional proteico, de modo que valores persistentemente baixos sugerem inadequado consumo proteico (Araújo, 2020). Similar à albumina, as proteínas totais também estão associadas com deficiência de proteína na alimentação. As proteínas totais são anabolizadas no fígado e sua síntese ocorre diretamente relacionada com o estado nutricional do animal (Nascimento et al., 2016). Nesse sentido, concluímos que não houve consumo de proteína abaixo do requerido pelas ovelhas no presente estudo.

Os triglicerídeos servem, como fonte de energia metabólica celular, acumulando-se no tecido adiposo, de onde são mobilizados em resposta às demandas energéticas do corpo. A concentração sérica dos triglicerídeos está de acordo com as faixas recomendadas para a espécie ovina, e apresentaram significância ( $P < 0,05$ ), devido a composição e fermentação ruminal dos alimentos ofertados, onde a silagem de milho, teve maior significância devido a produção de ácido acético, precursor de lipídeos em ruminantes, após a fermentação ruminal. O colesterol não sofreu influência dos tratamentos ( $P > 0,05$ ) e manteve-se no intervalo recomendado na literatura (Tabela 6).

Colesterol e ureia utilizam o piruvato para sua formação (Araújo, 2020). O piruvato dá origem a Acetil CoA e esta molécula é responsável pelo alongamento da cadeia lipídica, enquanto para a formação da ureia é utilizado o oxalacetato, que por sua vez também é derivado do piruvato (Motta, 2011). Como houve aumento nos níveis de ureia sanguínea, houve diminuição na formação do colesterol, devido ao possível desvio do substrato piruvato.

A oferta de volumoso extrusado a base da casca de soja aumentou linearmente o consumo de matéria seca e eficiências de ingestão, ruminação e mastigação. Contudo, a maior digestibilidade da matéria seca foi notada no tratamento com silagem de milho devido ao maior tempo de permanência desse alimento no rúmen e características fermentativas da casca de soja.

### Conclusão

O volumoso extrusado, Forrage® 52,5% casca de soja pode substituir a silagem de milho, pois melhora o consumo, sem causar prejuízos no equilíbrio ruminal, no comportamento ingestivo e no metabolismo de ovelhas adultas. Porém apresenta queda na digestibilidade da matéria seca em função alto consumo de matéria seca obtido.

### Ética

Todos os manejos utilizados contaram com a aprovação da Comissão de Ética e Utilização dos Animais (CEUA) da UFU sob o número de protocolo 094/17

### Conflito de Interesses

Não houve conflito de interesses.

### Contribuição dos autores

Lucas Eduardo Gonçalves Vilaça – coleta de dados, interpretação dos resultados e escrita; Marcela Rodrigues de Oliveira – coleta de dados e interpretação dos resultados; Karla Alves Oliveira – escrita e revisão do texto; Ana Beatriz Inácio de Freitas – coleta de dados; Cláudio Damiano Muniz Coutinho – coleta de dados; Gilberto de Lima Macedo Júnior – ideia original, orientação e correções.

### Referências Bibliográficas

Ammer, S.; Lambertz, C.; Von Soosten, D.; Zimmer, K.; Meyer, U.; Dänicle, S.; Gauly, M. Impact of diet composition and temperature-humidity index on water and dry matter intake of high-yielding dairy cows. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, v. 102, n. 1, p. 103–113, 2017. <https://doi.org/10.1111/jpn.12664>.

Andrade, A. P.; Quadros, D. G. Composição bromatológica da casca de soja amonizada com uréia. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, v. 11, n. 11, p. 38–46, 2011. [https://www.researchgate.net/publication/237035823\\_Bromatological\\_composition\\_of\\_soybean\\_hulls\\_ammoniated\\_with\\_urea\\_Composicao\\_bromatologica\\_da\\_casca\\_de\\_soja\\_amonizada\\_com\\_ureia](https://www.researchgate.net/publication/237035823_Bromatological_composition_of_soybean_hulls_ammoniated_with_urea_Composicao_bromatologica_da_casca_de_soja_amonizada_com_ureia).

- Araújo, C. M.; Oliveira, K. A.; Macedo Junior, G. L.; Silva, S. P.; Silva, D. A. P. Parâmetros nutricionais e bioquímicos de ovinos consumindo volumoso extrusado com diferentes teores de *Uruchloa brizantha* em comparação a silagem de milho tradicional. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 12, p. 1–11, 2020. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.25810>.
- Carvalho, S.; Dias, F. D.; Pires, C. C.; Wommer, T. P.; Venturini, R. S.; Frasson, M. F.; Pilecco, V. M.; Moro, A. B.; Brutti, D. D. Consumo e desempenho produtivo de cordeiros das raças Texel e Ideal terminados em confinamento com dietas contendo diferentes teores de casca de soja. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 3, p. 2131–2140, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n3Supl1p2131>.
- Conover, W. J. *Practical Nonparametric Statistics*. 2nd Edition, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- Fischer, V.; Deswysen, A. G.; Dèspres, L.; Dutilleul, P.; Lobato, J. F. P. Padrões nectemerais do comportamento ingestivo de ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 27, n. 2, p. 362–369, 1998. <http://www.sbz.org.br/revista/artigos/2021.pdf>.
- Giesecke, D.; Ehrentreich, L.; Stangassinger, M. 1994. Mammary and renal excretion of purine metabolites in relation to energy intake and milk yield in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 77:2376–2381. Doi: doi: 10.3168/jds.S0022-0302(94)77180-0 Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7962859/>.
- Goi, A.; Manuelian, C. L.; Righi, F.; Marchi, M. At-line prediction of gelatinized starch and fiber fractions in extruded dry dog food using different near-infrared spectroscopy technologies. *Animals*, v. 10, n. 5, p. 862–873, 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10050862>.
- González, F.H.D.; Silva, S.C. 2006. *Introdução à bioquímica clínica veterinária*. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Gomes, S. P.; Borges, I.; Borges, A. L. C. C.; Macedo Junior, G. L.; Campos, W. E.; Brito, T. S. Tamanho de partícula do volumoso e frequência de alimentação sobre o metabolismo energético e proteico em ovinos, considerando dietas com elevada participação de concentrado. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, n. 13, n. 3, p. 732–744, 2012. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402012000300013>.
- Hendrix, C. M. *Procedimentos Laboratoriais para Técnicos Veterinários*. 4a ed. São Paulo: Rocca, 2005, 556p.
- Kruskal, W. H.; Wallis, W. A. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *Journal American Statistical Association*, v. 47, n. 260, p. 583–621, 1952. <https://doi.org/10.1080/01621459.1952.10483441>.
- Loncke, C.; Noziere, P.; Vernet, J.; Bahloul, L.; Al-Jammas, M.; Sauvast, D.; Marly, I. O. Net hepatic release of glucose from precursor supply in ruminants: a meta-analysis. *Animal*, v. 14, n. 7, p. 1422–1437, 2020. <https://doi.org/10.1017/S1751731119003410>.
- Macedo Júnior, G. L.; Sousa, L. F.; Godoi, F. N.; Perez, J. R. O.; França, P. M.; Almeida, T. R. V.; Paula, O. J.; ASSIS, R. M. Consumo, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio em ovelhas alimentadas com diferentes níveis de fibra em detergente neutro. *Ciência Animal Brasileira*, v. 13, n. 1, p. 33–40, 2012. <https://doi.org/10.5216/cab.v13i1.9481>.
- Maynard, D. G.; Stewart, J. W. B.; Bettany, J. R. Sulfur cycling in grassland and parkland soils. *Biogeochemistry*, v. 1, p. 97–111, 1984. <https://doi.org/10.1007/BF02181123>.
- Motta, V. T. 2011. *Bioquímica*, Editora Medbook. 2.ed, Medbook.
- Nascimento, J. C. S.; Silva, T. G. P.; Rizzo, H.; Fonseca Filho, L. B.; Soares, L. L. S.; Souza, W. M. A.; Amorim, M. J. A. C. L. Indicadores bioquímicos e corporais para avaliação do perfil metabólico e nutricional em ruminantes. *Ciência Veterinária nos Trópicos*, v. 19, n. 3, p. 63–74, 2016. [https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/ciencia-veterinaria-nos-tropicos/19-\(2016\)-3/indicadores-bioquimicos-e-corporais-para-avaliacao-do-perfil-metabolic/](https://www.bvs-vet.org.br/vetindex/periodicos/ciencia-veterinaria-nos-tropicos/19-(2016)-3/indicadores-bioquimicos-e-corporais-para-avaliacao-do-perfil-metabolic/).
- Neto, J. P.; Soares, P. C.; Batista, A. M. V.; Andrade, S. F. J.; Andrade, R. P. X.; Lucena, R. B.; Guim, A. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopolea cochenillifera* Salm dyck). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 36, n. 4, p. 322–328, 2016. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000400012>.
- NRC. National Research Council. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. 1st ed. Washington, DC, USA, 2007.
- Oliveira, K. A.; Macedo Junior, G. L.; Araújo, C. M.; Sousa, L. F.; Araújo, M. J. P.; Siqueira, M. T. S. Different roughage to concentrate ratios in extruded ration and metabolic parameters of growing lambs. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 41, n. 5, p. 1653–1666, 2020a. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2020v41n5p1653>.
- Oliveira, K. A.; Macedo Junior, G. L.; Araújo, C. M.; Sousa, L. F.; Silva, A. L.; Jesus, T. A. V. Different roughage: concentrate ratios in extruded feed, and feeding behavior of growing lambs. *Veterinária Notícias*, v. 26, n. 1, p. 32–49, 2020b. <https://doi.org/10.14393/VTN-v26n1-2020-45655>.
- Oliveira, K. A.; Macedo Junior, G. L.; Silva, S. P.; Araújo, C. M.; Varanis, L. F. M.; Sousa, L. F. Nutritional and metabolic parameters of sheep fed with extruded roughage in comparison with corn silage. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 39, n. 4, p. 1795–1804, 2018. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n4p1795>.
- Polli, V. A.; Restle, J.; Senna, D. B.; Rosa, C. E.; Aguirre, L. F.; Silva, J. H. S. Comportamento de bovinos e bubalinos em regime de confinamento: I. atividades. *Ciência Rural*, v. 25, n. 1, p. 127–131, 1995. <https://doi.org/10.1590/S0103-84781995000100024>.
- Rodrigues, G. R. D.; Siqueira, M. T. S.; Oliveira, K. A.; Sousa, L. F.; Schultz, E. B.; Oliveira, M. R.; Macedo Júnior, G. L. Casca de soja extrusada em substituição a silagem de milho - parâmetros nutricionais e bioquímicos em ovinos. *Rev. Agr. Acad.*, v. 5, n. 1, Jan/Fev. 2022. doi: 10.32406/v5n1/2022/147-162/agrariacad.
- Rodrigues, R. C. Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Documentos 306, 2010, 177p. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40059/1/documento-306.pdf>.
- Ruela, P. A. C., Oliveira, K. A., Sousa, L. M., Silva, S. P., Sousa, L. F., Macedo Júnior, G. L. Consumo, comportamento ingestivo e perfil metabólico de ovinos alimentados com ração extrusada com diferentes relações volumoso: concentrado. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 12, p. 1–8, 2020. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20412>.
- Russel, J. R.; Sexten, W. J.; Kerley, M. S. Effect of corn inclusion on soybean hull-based diet digestibility and growth performance in continuous culture fermenters and beef cattle. *American Society of Animal Science*, v. 94, n. 7, p. 2919–2926, 2016. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0180>.
- Santos, F. M.; Araújo, G. G. L.; Souza, L. L.; Yamamoto, S. M.; Queiroz, M. M. A.; Lanna, D. P. D.; Moraes, S. A. Impact of water restriction periods on carcass traits and meat quality of feedlot lambs in the Brazilian semi-arid region. *Meat Science*, v. 156, p. 196–204, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.05.033>.
- SAS Institute Inc, JMP® 10 Modeling and Multivariate Methods. Cary, NCSAS Institute Inc., 2012.

- Schutte, J.E.; Longhurst, J.C.; Gaffney, F.A.; Bastian, B.C.; Blomqvist, C.G. 1981. Total plasma creatinine: an accurate measure of total striated muscle mass. *Journal of Applied Physiology*, 51:762–766. Doi: <https://doi.org/10.1152/jappl.1981.51.3.762> Disponível em: <https://journals.physiology.org/doi/abs/10.1152/jappl.1981.51.3.762>.
- Silva, D. A. P.; Santana, A. G.; Araújo, C. M.; Oliveira, K. A.; Siqueira, M. T. S.; Macedo Júnior, G. L. Avaliação dos efeitos nutricionais e metabólicos da substituição de silagem de milho por ração extrusada de Capim-marandu (*Urochloa brizantha*) em ovinos. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 12, p. 1–9, 2020a. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.19833>.
- Silva, D. A. P.; Varanis, L. F. M.; Oliveira, K. A.; Sousa, L. M.; Siqueira, M. T. S.; Macedo Júnior, G. L. Parâmetros de metabólitos bioquímicos em ovinos criados no Brasil. *Caderno de Ciências Agrárias*, v. 12, p. 1–8, 2020b. <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.20404>.
- Silva, E. N.; Duarte, J. B.; Reis, A. J. Seleção da matriz de variância-covariância residual na análise de ensaios varietais com medidas repetidas em cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, v. 4, n. 6, p. 993–999, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20141531>.
- Valadares Filho, S. C.; Lopes, S. A.; Silva, B. De C.; Chizzotti, M. L.; Bissaro, L. Z. CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes, 2018. <https://bitlybr.com/KOggW>.
- Van Cleef, E. H. C. B.; Ezequiel J. M. B.; D'aurea A. P.; Fávaro, V. R.; Suncanari, J. B. D. Crude glycerin in diets for feedlot Nellore cattle. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 43, n. 2, p. 86–91, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000200006>.
- Van Soest, P.J. *Nutritional Ecology of the Ruminant*. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. <https://doi.org/10.7591/9781501732355>.
- Zarpon, T. G.; Mizybuti, I. Y.; Ribeiro, E. L. A.; Pereira, E. S.; Silva, L. D. F.; Prado-Calixto, O. P.; Tarsitano, M. A.; Fávero, R.; Pires, K. A.; Borges, C. A. A. Desempenho, características de carcaça e avaliação econômica da substituição do milho grão inteiro por casca de soja pelotizada na alimentação de cordeiros em confinamento. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 2, p. 1111–1121, 2015. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n2p1111>.