



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
UNIDADE ACADÊMICA DE MEDICINA VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E SAÚDE ANIMAL

Elisama dos Santos Medeiros

Silagem de grão de milho umidificado com diferentes aditivos em dietas para
caprinos confinados em crescimento

Patos-PB
2022

Elisama dos Santos Medeiros

Silagem de grão de milho umidificado com diferentes aditivos em dietas para caprinos confinados em crescimento

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal, da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência e Saúde Animal.

Prof^o Dr. Leilson Rocha Bezerra

Orientador

Prof^o Dr. José Morais Pereira Filho

Coorientador

Patos-PB
2022

M488s Medeiros, Elisama dos Santos.
Silagem de grão de milho umidificado com diferentes aditivos em dietas para caprinos confinados em crescimento / Elisama dos Santos Medeiros. – Patos, 2022.
75 f.: il. color.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Saúde Animal) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Saúde e Tecnologia Rural, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra; Coorientação: Prof. Dr. José Morais Pereira Filho".

Referências.

1. Caprinos. 2. Aditivos Úmidos. 3. Ensilagem. 4. Palma Forrageira. 5. Cabritos. I. Bezerra, Leilson Rocha. II. Pereira Filho, José Morais. III. Título.

CDU 636.39(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO EM CIENCIA E SAUDE ANIMAL
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

FOLHA DE ASSINATURA PARA TESES E DISSERTAÇÕES

ELISAMA DOS SANTOS MEDEIROS

SILAGEM DE GRÃO DE MILHO UMIDIFICADO COM DIFERENTES ADITIVOS ÚMIDOS EM DIETAS PARA CAPRINOS EM CONFINAMENTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal como pré-requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Saúde Animal.

Aprovada em: 07/03/2022

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra (Orientador - PPGCSA/UFCG)

Profa. Dra. Juliana Paula Felipe de Oliveira (Examinadora Externa - UFCG)

Prof. Dr. Marcos Jacome de Araújo (Examinador Externo - UFPI)



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA PAULA FELIPE DE OLIVEIRA, Usuário Externo**, em 07/03/2022, às 11:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcos Jácome de Araújo, Usuário Externo**, em 07/03/2022, às 11:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **LEILSON ROCHA BEZERRA, PROFESSOR**, em 07/03/2022, às 11:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2152848** e o código CRC **9A70B752**.

“Não fui eu que lhe ordenei? Seja Forte e corajoso! Não se apavore, nem se desanime, pois, o Senhor, o seu Deus, estará com você por onde você andar”.

(Josué, 1:9).

DEDICATÓRIA

À minha mãe, meu maior exemplo de força e perseverança, ao meu amado noivo e meu padrasto por todo amor, paciência e apoio na realização deste sonho.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, em primeiro lugar, por ser meu refúgio e fortaleza presente na hora da angustia, me dando consolo e forças para continuar mediante os obstáculos e a cada nova etapa enfrentada nesta caminhada que não foi nada fácil. Obrigada Senhor, por todas bênçãos derramadas em minha vida. Obrigada por seu infinito amor!

Aos meus pais, Francisco Valintim de Medeiros e Eliete Francisco dos Santos Daniel, por acreditarem em mim e nos meus sonhos e estarem presente em todas as etapas mais importantes da minha vida, sempre ao meu lado me dando forças e me guiando no caminho certo. Em especial à minha mãe, por todo incentivo, carinho, amor incondicional e por muitas vezes acreditar mais em mim que eu mesma, te amo mainha!

Ao meu amado noivo Raphael Buchmüller, por todo incentivo e por estar ao meu lado em todos os momentos difíceis mesmo à distância que enfrentamos neste período de pandemia e misturado com o período de mestrado, seu amor, companheirismo, incentivo, inúmeras e incontáveis ajudas, foi meu alicerce. Obrigada minha vida! Amo você!

Ao meu orientador, Prof^o Dr. Leilson Rocha Bezerra pela oportunidade na orientação deste trabalho, pelos conhecimentos compartilhados, pela confiança, atenção e paciência neste período, sou muito grata ao senhor professor!

Ao Prof. Dr. José Moraes por toda ajuda na coorientação.

A Dr.^a Juliana Paula, pela orientação, pela amizade, confiança, paciência e incentivo ao aprendizado, e auxílio desde o começo desta etapa me orientando já na seleção da pós-graduação, sempre estando presente e me ajudando com as análises estatísticas e correções da dissertação. Sou imensamente grata!

À Universidade Federal de Campina Grande – CSTR/UFCG – Campus Patos-PB, ao qual através do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal e Ciência e Saúde Animal, pela oportunidade concedida, em cursar o mestrado e agregar mais conhecimentos a minha carreira profissional na Medicina Veterinária.

Ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Saúde Animal, que ao longo do curso foram peças fundamentais na minha formação através do compartilhamento de seus conhecimentos, e todos funcionários que de alguma forma contribuíram para minha formação. Sou imensamente grata!

À Coordenação de Apoio do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelos recursos concedidos que me auxiliaram na condução deste Projeto.

A equipe do Laboratório de Nutrição Animal (LANA), em especial ao Prof^o Dr. André Leandro pelo auxílio na realização das análises, e ao Técnico Sr. Otávio, pelo auxílio no laboratório, e na realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários da Fazenda Experimental NUPEÁRIDO, Eudinho e Neném muito obrigada pelo auxílio no manejo dos animais, limpeza da fazenda, colaboração sem tamanho, carinho e amizade.

À secretaria do Programa em Ciência e Saúde Animal da UFCG– CSTR/UFCG – Campus Patos-PB, em especial a Adalberto por estar sempre atento nos esclarecimentos das dúvidas, prazos e toda paciência do mundo em me auxiliar nos processos da pós-graduação. MUITÍSSIMO obrigada por tudo!

As minhas colegas que foram imprescindíveis neste trabalho, a Luciana Viana que foi a organizadora de todo experimento, guiando os passos a serem seguidos, por toda ajuda, eu não tenho palavras para agradecê-la, em especial a Évylla Layssa, Layse Ramos e Luanna Figueiredo que tanto me apoiaram e me ajudaram em muitos momentos de aulas, dúvidas, e no período do experimento e pela grande amizade nos momentos felizes e difíceis. “Meninas nunca vou esquecer de nada que vocês fizeram por mim”.

A todos os colegas que participaram da produção das silagens, limpeza da fazenda experimental NUPEÁRIDO, no desenvolvimento do experimento, nas análises, metodologias e estatística, Luciana Viana, Pedro Mazza, Évylla Layssa, Kevily Henrique, Aline Gomes, Layse Ramos, Luanna Figueiredo, Kallyne Sousa, Fabrício Aguiar, Débora Gomes, Larruama Fernandes, Ângelo Nóbrega, Aluízio Matheus, Danilo Nogueira, Clara Jerônimo e João Victor.

Aos alunos de iniciação científica, que fizeram parte do experimento diariamente, por toda ajuda e esforço, Ângelo Nóbrega, Aluízio Matheus, vocês foram essenciais.

As colegas Myrla Melo e Angélica Matias pela ajuda nas metodologias e tabelas. E ao meu amigo Johanantan Candeia, pelo auxílio nas dificuldades em formatação.

Ao meu melhor amigo de longa data que sempre está comigo em todas fases importantes de minha vida, Heitor Cândido. Te amo irmão!

RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito da substituição do grão de milho moído seco por silagens de milho umidificado com os aditivos úmidos (água, mucilagem de palma forrageira e soro de leite) sobre: o consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, desempenho animal, parâmetros ruminais e sanguíneos de caprinos em crescimento. Foram realizados três experimentos. Para o experimento I foram utilizados 32 cabritos mestiços de Boer, machos, não castrados, com peso inicial médio de $16,7 \pm 2,5$ kg e três meses de idade, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com 4 tratamentos e 8 repetições. Para o experimento II foram utilizados 12 cabritos mestiços de Boer, machos, não castrados, com peso médio de $21,9 \pm 1,5$ kg e quatro meses de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 3 repetições. Para o experimento III foram utilizados 4 ovinos, adultos, machos, castrados da raça Santa Inês com $30,4 \pm 6$ kg, fistulados e canulados no rúmen, distribuídos em um delineamento quadrado latino (4×4). As dietas experimentais consistiram em 4 tratamentos, (1) milho moído seco (MMS); (2) silagem de grão de milho moído umidificado com água (SMUA); (3) silagem de grão de milho moído umidificado com mucilagem de palma (SMUM) e (4) silagem de grão de milho moído umidificado com soro de leite (SMUS). Todas as silagens foram incluídas em substituição ao milho moído seco. O consumo de matéria seca (MS; $P=0,004$) foi maior para a SMUM quando comparado ao SMUS. O consumo de proteína bruta (PB; $P=0,005$) e o consumo de fibra em detergente neutro (FDN; $P=0,0002$) foi menor para a SMUS em relação demais tratamentos. Não houve diferença significativa para as digestibilidades da MS, PB e FDN ($P>0,05$). O MMS apresentou menor balanço de N ($P=0,008$) e maior N-urinário excretado ($P=0,014$) que os tratamentos da SMUA, SMUM e SMUS. Não houve efeito significativo para as variáveis observadas do comportamento ingestivo ($P>0,05$). A dieta influenciou o desempenho animal com maior peso corporal final ($P=0,033$), ganho de peso total ($P=0,004$) e ganho médio diário ($P=0,039$) para o MMS e SMUM. Não houve efeito entre tratamentos sobre a eficiência alimentar dos cabritos ($P>0,05$). Foi observado, maior concentração de albumina para a SMUM, SMUA e MMS ($P=0,0045$) e maior concentração de cloro para MMS, SMUM e SMUA ($P=0,0496$), e não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P>0,05$) para as demais variáveis bioquímicas. A menor concentração de nitrogênio amoniacal N-NH₃ foi observada para a SMUS ($P=0,0067$). Recomenda-se a utilização dos aditivos úmidos água, e mucilagem de palma forrageira, como alternativa viável de aditivos umidificantes para o grão de milho moído seco, na alimentação de caprinos em crescimento.

PALAVRAS-CHAVE: Aditivos úmidos, cabritos, ensilagem, mucilagem.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of replacing the dry ground corn grain by silages with the moisties additives, water, cactus pear mucilage and whey on intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior, animal performance, ruminal parameters and blood parameters of growing goats. Three experiments were performed. For the experiment I used 32 crossbred Boer goats, male, not castrated, with an average initial weight of 16.7 ± 5 kg and three months of age, distributed in a randomized block design with 4 treatments and 8 replications. For experiment II 12 crossbred Boer goats were used, male, not castrated with an average weight of 21.9 ± 1.5 kg and four months of age, distributed in a completely randomized design with 4 treatments and 3 replications. For experiment III, 4 adult, male, castrated Santa Inês sheep weighing 30.4 ± 6 kg, fistulated and cannulated in the rumen, distributed in a Latin square design (4×4) were used. The experimental diets consisted of 4 treatments, (1) dry ground corn (MMS); (2) silage of ground corn grain moistened with water (SMUA); (3) silage of ground corn grain moistened with cactus pear mucilage (SMUM) and (4) silage of ground corn grain moistened with whey (SMUS). All silages were included in the replacement of dry ground corn. Dry matter intake (DM; $P= 0.004$) was higher for SMUM when compared to SMUS. Crude protein consumption (CP; $P= 0.005$) and neutral detergent fiber consumption (NDF; $P= 0.0002$) were lower for SMUS in relation to other treatments. There was no significant difference for DM, CP and NDF digestibilities ($P>0.05$). The MMS showed the lowest N balance ($P= 0.008$) and the highest excreted N-urinary ($P= 0.014$) than the SMUA, SMUM and SMUS treatments. There was no significant effect for the observed variables of ingestive behavior ($P>0.05$). Diet influences animal performance with higher final body weight ($P=0.033$), total weight gain ($P=0.004$) and average daily gain ($P=0.039$) for MMS and SMUM. There was no effect between treatments on the feeding efficiency of goats ($P>0.05$). It was observed, higher albumin concentration for SMUM, SMUA and MMS ($P= 0.0045$) and higher concentration of chlorine for MMS, SMUM and SMUA ($P= 0.0496$), there was no significant difference between treatments ($P>0.05$) for the other biochemical variables. The lowest concentration of ammonia nitrogen N-NH₃ was observed for SMUS ($P=0.0067$). It is recommended the use of moisties additives water and cactus pear mucilage, as a viable alternative of wetting additives for dry ground corn grain, for feeding of growing goats.

KEYWORDS: Ensilage, goatling, moisties additives, mucilage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Fig. 1 – Fluxograma baseado no protocolo PRISMA da seleção de evidências.....	32
--	----

LISTA DE QUADROS E TABELAS

CAPÍTULO I:

Quadro 1. Caracterização dos artigos incluídos e avaliados criteriosamente.....	33
--	----

CAPÍTULO II:

Tabela 1 Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais utilizadas na alimentação dos caprinos em crescimento.....	53
Tabela 2. Consumo, digestibilidade de nutrientes e balanço de nitrogênio de caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.....	60
Tabela 3. Comportamento ingestivo em caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.....	61
Tabela 4. Desempenho em caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.....	61
Tabela 5. Metabólitos sanguíneos em caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.....	62
Tabela 6. Parâmetros ruminais em caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.....	63

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

ALB – Albumina

AGVs – Ácidos graxos voláteis

AOAC – Association of Official Analytical Chemists AOL

BALs – Bactérias ácido lácticas

Ca – Cálcio

CAM – Metabolismo ácido crassuláceo

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível Superior

CNDT – Estimativa de nutrientes digestíveis totais

CD – Coeficiente de digestibilidade

CL – Colesterol

cm – Centímetro

CMS – Consumo de matéria seca

CNF – Carboidratos não fibrosos

CEUA – Conselho nacional de controle de experimentação animal

CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural

Dr.^a – Doutora

Dr.– Doutor

EE – Extrato etéreo

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

FDA – Fibra em detergente ácido

FDN – Fibra em detergente neutro

g – Grama

g dia – Grama por dia

GMD – Ganho de peso médio diário

GT – Ganho de peso total

h – Hora

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPA – Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária

JCR – Journal Citation Reports

Kg – Quilograma

MEDLINE – Medical literature Analysis and Retrieval System Online

MG – Magnésio
mg – Miligrama
mL – Mililitro
MMS – Milho moído seco
MO – Matéria orgânica
MS – Matéria seca
N – Nitrogênio
NDT – Nutrientes digestíveis totais
N-NH₃ – Nitrogênio amoniacal
NNP – Nitrogênio não proteico
NRC – National Research Council
NT – Nitrogênio total
NUPEÁRIDO – Núcleo de Pesquisa para o Desenvolvimento do Trópico Semiárido
P – Fósforo
PB – Proteína bruta
PI – Peso inicial
PIDA – Proteína insolúvel em detergente ácido com base na proteína bruta
PF – Peso final
PIDN – Proteína insolúvel em detergente neutro com base na proteína bruta
PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses
Prof. – Professor
PT – Proteína total
SciELO – Scientific Electronic Library Online
SMUA – Silagem de grão de milho moído reidratado com água
SMUM – Silagem de grão de milho moído reidratado com mucilagem de palma
SMUS – Silagem de grão de milho moído reidratado com soro de leite
SAS – Statistical analysis system
UFMG – Universidade Federal de Campina Grande
MM – Matéria mineral
TGL – Triglicerídeo
UP – Ureia plasmática

LISTA DE SÍMBOLOS

C – Grau celsius

μL – Microlitros

% – Percentual

pH – Potencial hidrogeniônico

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL.....	18
REFERÊNCIAS.....	21
CAPÍTULO I: Diferentes formas de uso da Palma Forrageira na alimentação de ruminantes: Revisão sistemática.....	24
Resumo.....	25
Abstract.....	26
1 Introdução.....	27
2 Material e métodos.....	29
2.1 <i>Protocolo da Revisão Sistemática.....</i>	29
2.2 <i>Pesquisa de Literatura e Coleta de Dados.....</i>	30
2.3 <i>Critérios de Eleição.....</i>	30
2.4 <i>Triagem dos Dados.....</i>	30
3 Resultados.....	31
4 Discussão.....	35
5 Conclusão.....	40
Referências.....	41
CAPÍTULO II: Efeito do uso de mucilagem de palma forrageira como aditivo úmido para silagem de grão de milho sobre o consumo, desempenho, comportamento ingestivo, digestibilidade, balanço de N e parâmetros ruminais e sanguíneos de caprinos em crescimento.....	47
Resumo.....	48
Abstract.....	49
1 Introdução.....	50
2 Material e métodos.....	51
2.1 <i>Considerações éticas e localização dos experimentos.....</i>	51
2.2 <i>Produção das silagens.....</i>	51
2.3 <i>Animais, tratamentos e delineamento.....</i>	52
2.4 <i>Consumo, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e desempenho.....</i>	53
2.5 <i>Animais, tratamentos e delineamento.....</i>	55
2.6 <i>Digestibilidade dos nutrientes e balanço de nitrogênio (N).....</i>	56
2.7 <i>Parâmetros ruminais e contagem de protozoários.....</i>	56

2.8 Análises químicas.....	57
2.9 Análise estatística.....	58
3. Resultados.....	59
3.1 Consumo de nutrientes, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio (N).....	59
3.2 Comportamento ingestivo.....	60
3.3 Desempenho.....	61
3.4 Parâmetros sanguíneos.....	62
3.5 Parâmetros ruminais.....	62
4. Discussão.....	63
5. Conclusão.....	69
Referências.....	70

INTRODUÇÃO GERAL

A região Nordeste é caracterizada pela sazonalidade climática ao qual influencia diretamente na disponibilidade de alimentos para os animais, limitando assim a atividade agropecuária na região. E essa, instabilidade do clima semiárido como temperatura, precipitações de chuvas, afetam diretamente a produção dos alimentos e em decorrência do ciclo estacional das pastagens no período de estiagem, as forragens não fornecem as quantidades de nutrientes suficientes para altos índices produtivos dos animais (SILVA *et al.*, 2020).

Nesse sentido, o fornecimento de suplementação, constituída por alimentos volumosos e concentrados, garante os nutrientes suficientes para se alcançar o desempenho produtivo que viabilizem a produção de ruminantes (MOURÃO *et al.*, 2012), e sendo necessárias o uso de alternativas que proporcionem a suplementação de alimento por todo o ano, como o armazenamento de alimentos, a partir da produção de silagens. Além disso, em conjunto com um manejo alimentar adequado, também têm se utilizado estratégias, a partir da adoção de sistemas intensivos como o confinamento ou semi-confinamento para melhoria do desempenho dos rebanhos de pequenos ruminantes no semiárido (CUNHA *et al.*, 2008; ARAÚJO FILHO *et al.*, 2010).

O milho (*Zea mays* L.), por seu potencial produtivo, sua composição química e seu valor nutritivo, entre outros fatores, constitui-se um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo (CASTOLDI *et al.*, 2011), sendo utilizado para alimentação humana e animal (ARCARI, 2013). O milho é a principal fonte de energia utilizada em dietas para animais, em virtude de seu alto teor de carboidratos, principalmente na forma de amido, e outros constituintes como proteínas, óleos e vitaminas (MILLEN *et al.*, 2009), devido ao elevado teor de amido presente no grão, o milho torna-se um ingrediente de grande importância na alimentação de animais ruminantes, sendo destinado a esses animais como principal concentrado das dietas, pois o milho surge como suplementação em períodos de estiagem (LUCCI *et al.*, 2008). No Brasil, o tipo de grão milho mais utilizado são híbridos do tipo duro, caracterizado pela alta vitreosidade, ou seja, presença mais intensa da matriz proteica sobre os grânulos de amido, que ocasiona uma menor digestibilidade do amido (GOUVEA *et al.*, 2016).

Como estes grãos apresentam forte matriz proteica que recobre os grânulos do amido, isso limita o ataque microbiano no rúmen. Porém, através do processamento dos grãos pode obter-se maior disponibilidade do amido, e com isso promover melhor aproveitamento, como por meio da moagem, ensilagem e reidratação dos grãos (NUNES *et al.*, 2020). No entanto, tem

sido demonstrado que os processamentos mais intensos como a ensilagem do grão úmido (HOFFMAN *et al.*, 2011; PANICHI *et al.*, 2012) promove maior eficiência alimentar do que a simples moagem. Portanto, melhorar positivamente a digestibilidade do amido presente no grão de milho, aumentando seu aproveitamento pelos animais, pode aperfeiçoar e potencializar o desempenho de ruminantes.

Diante disso, o processo de reidratação, surge como possibilidade de melhoria da silagem de grão de milho em termos nutricionais, que consiste em fornecer ao grão seco a umidade adequada para o processo de fermentação dentro do silo. Essa técnica aumenta a digestibilidade em comparação com o grão moído seco ou inteiro, reduz perdas de armazenamento e ainda minimiza os efeitos nas flutuações de preço do mercado (ARCARI *et al.*, 2016). No tocante a esse processo, pode-se aplicar das mais diversas formas de reidratação, sendo a mais comumente utilizada a água, podendo ser usadas também outras fontes de umidificantes para este fim, como por exemplo forragens de alto teor de umidade, destacando-se a palma forrageira ao qual, é composta com cerca de 90% de umidade (VALADARES FILHO *et al.*, 2006; CORDOVA-TORRES *et al.*, 2017; LIMA *et al.*, 2021).

A palma forrageira pertencente à família *Cactaceae*, que é caracterizada por ser rica em mucilagem, um hidrocolóide que forma redes que são capazes de reter grandes quantidades de água e variados percentuais de L-arabinose, D-galactose, L-ramnose e D-xilose (SEPÚLVEDA *et al.*, 2007). A mucilagem é um hidratado de carbono, parte da fibra dietética e por esta e outras razões, é um componente com excelentes perspectivas a ser utilizado como aditivo, principalmente para os alimentos (SÁENZ; SEPÚLVEDA; MATSUHIRO, 2004), como a exemplo da silagem. E, além de ser fonte de reidratação para a silagem de grãos, tendo em vista que ainda possui características nutricionais desejáveis para a nutrição animal, possibilita a ingestão equilibrada dos nutrientes através da aderência da mucilagem aos ingredientes (ALMEIDA, 2012).

Dentre os aditivos com potencial para reidratação de grãos, o soro de leite também se destaca como alternativa para esse fim (RECH, 2003). O soro de leite é um subproduto resultante da fabricação de queijos, e é composto quimicamente por quantidades consideráveis de lactose, proteínas solúveis, sais minerais e vitaminas (BARBOSA *et al.*, 2010; REZENDE *et al.*, 2014; FAUSTINO *et al.*, 2018), além de ser composto com 90% de água (DRAGONE *et al.*, 2009). A conservação da silagem depende da fermentação dos açúcares e a produção de ácidos orgânicos, como o lático e acético por meio das bactérias lácticas sob condições anaeróbicas (ÍTAVO *et al.*, 2006).

As bactérias ácido lácticas (BALs) que estão presente no soro de leite podem favorecer a fermentação láctica (GAJO *et al.*, 2016), assim, a população de BALs juntamente com os nutrientes presente no soro pode potencializar a fermentação láctica, podendo, assim, resultar em respostas positivas em termos de fermentação, contribuindo para a conservação do valor nutricional do material ensilado. Assim, a inclusão de aditivos à silagem de grão de milho pode melhorar a qualidade do material ensilado, propiciar uma melhor digestão dos grãos proveniente do processo de hidratação e que também estimula a proteólise no silo, principalmente por proteases bacterianas que digerem as prolaminas dos grãos durante a fermentação (SILVA *et al.*, 2018).

Com isso, hipotetizou-se, que a silagem de grão de milho moído umidificado com a mucilagem de palma forrageira em substituição ao milho em grão moído do concentrado, maximiza o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, pela maior disponibilidade do amido, e conseqüentemente, o desempenho animal em comparação com a silagem de grão de milho moído umidificado com água e soro de leite ou milho em grão moído seco.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da substituição do grão de milho moído seco por silagens umidificadas com água, mucilagem de palma forrageira e soro de leite em dietas para caprinos confinados em crescimento sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, parâmetros sanguíneos, parâmetros ruminais, comportamento ingestivo e desempenho animal.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. F. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no semi-árido brasileiro. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.7, n.4, p. 08-14, 2012.
- ARAUJO FILHO, J. T.; COSTA, R. G.; FRAGA, A. B.; SOUSA, W. H.; CEZAR, M. F.; BATISTA, A. S. M. Desempenho e composição da carcaça de cordeiros deslanados terminados em confinamento com diferentes dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.2, p.363-371, 2010.
- ARCARI, M. A. **Produção, composição, consumo e digestibilidade em vacas recebendo milho reidratado e ensilado com silagem de cana de açúcar como volumoso**. 2011. 99p. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, Pirassunga, 2013.
- ARCARI, M. A.; MARTINS, C. M. M. R.; TOMAZI, T.; GONÇALVEZ, J. L.; SANTOS, M. V. Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow milk yield and nutrient digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v.221, p.167-173, 2016.
- BARBOSA, A. S.; FLORENTINO, E. R.; FLORÊNCIO, I. M.; ARAÚJO, A. S. Utilização do soro como substrato para produção de aguardente: estudo cinético da produção de etanol. **Revista Verde**, v.5, n.1, p.7-25, 2010.
- CASTOLDI, G.; COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; PIVETTA, L. A.; STEINER, F. Sistema de cultivo e uso de diferentes adubos na produção de silagem e grãos de milho. **Acta Scientiarum**, v.33, n.1, p.139-146, 2011.
- CORDOVA-TORRES, A. V.; COSTA, R. G.; MEDEIROS, A. N.; ARAÚJO FILHO, J. T.; RAMOS, A. O.; ALVES, N. L. Desempenho de ovinos alimentados com palma forrageira com restrição total de água. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.18, n.2, p.369-377, abr./jun. 2017.
- CUNHA, M. G. G.; CARVALHO, F. F. R.; VÉRAS, S. C. et al. Desempenho e digestibilidade aparente em ovinos confinados alimentados com dietas contendo níveis crescentes de caroço de algodão integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, p.1103-1111, 2008.
- DRAGONE, G.; MUSSATO, S. I.; OLIVEIRA, J. M.; TEIXEIRA, J. A. Characterization of volatile compounds in an alcoholic beverage produced by whey fermentation. **Food Chemistry**, v.112, n.4, p. 929-935, 2009.
- FAUSTINO, T. F.; DIAS E SILVA, N. C.; LEITE, R. F.; SILVA, F. F. G.; FLORENTINO, L. A.; REZENDE, A. V. Utilização de silagem de grão de sorgo reidratado na alimentação animal. **Nucleus Animalium**, v.10, n.2, p. 47-60, 2018.
- GAJO, F. F. S.; GAJO, A. A.; SILVA, R. B. V.; FERREIRA, E. B. Diagnosis of the wheydestination in the mesoregion Campo das Vertentes, Minas Gerais, Brazil. **Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes**, v.71, n.1, p.26-37, 2016.
- GOUVEA, V. N.; BATISTEL, F.; SOUZA, J.; CHAGAS, L. J.; SITTA, C.; CAMPANILI, P. R. B.; GALVANI, D. B.; PIRES, A. V.; OWENS, F. N.; SANTOS, F. A. P. Flint corn grain

processing and citrus pulp level in finishing diets for feedlot cattle. **Journal of Animal Science**, v. 94, n. 2, p.665-677, 2016.

HOFFMAN, P. C.; ESSER, N. M.; SHAVER, R. D.; COBLENTZ, W. K.; SCOTT, M. P.; BODNAR, A. L.; SCHMIDT, R. J.; CHARLEY, R. C. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v.94, p.2465-2474, 2011.

ÍTAVO, C. C. B. F.; MORAIS, M. G.; ÍTAVO, L. C. V.; SOUZA, A. R. D. L.; DAVY, F. C. A.; ALBERTINI, T. Z.; COSTA, C.; LEMPP, B.; JOBIM, C. C. Effect of microbial inoculation on the fermentative parameters and chemical composition of high moisture corn and sorghum grain silages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.655-664, 2006.

LIMA, A. S.; SILV, J. F. S.; SOUZA, M. T. C.; VIEIRA, M. S. B.; PRAXEDES, R. F.; RIBEIRO, J. S.; CARDOSO, D. B.; RANGEL, A. H. N.; CARVALHO, F. F. R.; JÚNIOR, D. M. L. Carcass characteristics and meat quality of lambs fed with cassava foliage hay and spineless cactus. **Animal Science Journal**, 92: e13519, 2021.

LUCCI, C. S.; FONTOLAN, V.; HAMILTON, T. R.; KLU, R.; WICKBOLD, V. Processamento de grãos de milho para ruminantes: digestibilidade aparente e ‘in situ’. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 45, n. 1, p.35-40, 2008.

MILLEN, D. D.; PACHECO, R. D. L.; ARRIGONI, M. D. B.; GALYEAN, M. L.; VASCONCELOS, J. T. A snapshot of management practices and nutritional recommendations used by feedlot nutritionists in Brazil. **Journal of Animal Science**, v. 87, p.3427-3439, 2009.

MOURÃO, R. C.; PANCOTI, C. G.; MOURA, A. M.; FERREIRA, A. L.; BORGES, A. L. C. C.; SILVA, R. R. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. **PUBVET**, v.6, n.5, p.1292, 2012.

NUNES, F. C.; COSTA, T. F.; GUIMARÃES, M. A. B.; TEIXEIRA, P. C.; SANTOS, L. P.; GUIMARÃES, K. C. Use of processed corn in ruminant diets: review. **Research, Society and Development**, v.9, n.6, p.e188963674, 2020.

PANICHI, A.; COSTA, C.; ALMEIDA JUNIOR, G. A.; MEIRELLES, P. R. L.; SILVA, M. G. B.; SILVEIRA, J. P. F. Substituição dos grãos secos de milho pela silagem de grãos úmidos de milho para vacas da raça holandesa em lactação. **Archives of Veterinary Science**, v.17, p.83-92, 2012.

RECH, R. 2003. 86p. **Estudo da produção de beta galactosidase por leveduras a partir do soro de queijo**. Tese (Doutorado) – Curso de Centro de Biotecnologia do Estado do Rio Grande do Sul, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

REZENDE, A. V.; RABELO, C. H. S.; VEIGA, R. M.; ANDRADE, L. P.; HÄTER, C. J.; RABELO, F. H. S.; BASSO, F. C.; NOGUEIRA, D. A.; REIS, R. A. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. **Animal Feed Science and Technology**, 197: 213-221, 2014.

SEPÚLVEDA, E.; SÁENZ, C.; ALIAGA, E.; ACEITUNO, C. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. **Journal Arid Environ**, v.68, p.534-45, 2007.

SÁENZ, C.; SEPÚLVEDA, E.; MATSUHIRO, B. Opuntia spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. **Journal of Arid Environments**, v.57, p.275-290, 2004.

SILVA, N. C.; NASCIMENTO, C. F.; NASCIMENTO, F. A.; RESENDE, F. D.; DANIEL, J. P. L.; SIQUEIRA, G. R. Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of Lactobacillus buchneri or a combination of Lactobacillus plantarum and Pediococcus acidilactici. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.4158-4167, 2018.

SILVA, V. L.; FREITAS, P. V. D. X.; CAETANO, G. A. O.; FRANÇA, A. F. S. Cana energia e produção de silagem como estratégia para alimentação animal. **Veterinária e Zootecnia**, v.27, p. 001-013, 2020.

VALADARES FILHO, S. C.; MAGALHÃES, K. A.; ROCHA JÚNIOR, V. R.; CAPELLE, E. R. Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos. **Viçosa**: Universidade Federal de Viçosa, 2006.

CAPÍTULO I:

Diferentes formas de uso da Palma Forrageira na alimentação de ruminantes: Revisão sistemática

Trabalho a ser submetido à revista:

Animal Production Science

(Qualis A2, JCR 1.53).

Diferentes formas de uso da Palma Forrageira na alimentação de ruminantes: Revisão sistemática

Resumo

Contexto. Nas regiões áridas e semiáridas, a sazonalidade da forragem ocasionada por irregularidades nas chuvas limita a disponibilidade de forragem para suprir as necessidades alimentares do rebanho, principalmente no período de seca, causando impactos negativos na viabilidade técnica e econômica da produção animal. Portanto, torna-se cada vez mais necessária a busca por recursos forrageiros adaptados às condições edafoclimáticas da região e neste sentido destacamos a palma forrageira.

Objetivos. Este estudo teve como objetivo realizar uma revisão da literatura por meio de uma revisão sistemática sobre as diferentes formas de utilização da palma forrageira na alimentação de ruminantes.

Métodos. A pesquisa foi realizada por meio de uma busca usando descritores em três bases de dados distintas, MEDLINE via (PubMed), SciELO e Science Direct para artigos publicados entre 2016 e 2021, que resultou em 06 artigos selecionados e analisados de acordo com os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos.

Resultados. As formas como a palma forrageira pode ser utilizada na alimentação de ruminantes pode ser das mais diversificadas, podendo ser incluída na dieta desses animais tanto na forma in natura, farelada, em cladódios, associada à forragem, em pó, e, também, na forma de silagem.

Conclusões. A palma forrageira é uma excelente alternativa alimentar em regiões áridas e semiáridas, pois associada a outros nutrientes atua positivamente nos parâmetros nutricionais e, além disso, é fonte direta de água para os animais.

Implicações. Compreender as diferentes formas de utilização da palma forrageira na alimentação animal, torna-se uma alternativa em regiões semiáridas para alimentação dos animais, como também em períodos de seca e escassez hídrica.

Palavras-chave: Alimentação animal; *Opuntia*; palma forrageira; ruminantes.

Different ways of using cactus pear in ruminant feeding: Systematic review

Abstract

Context. In arid and semiarid regions, the seasonality of forage caused by irregularities in rainfall limits the availability of forage to meet the herd's food needs, especially in the dry period, causing negative impacts on the technical and economic viability of animal production. Therefore, it becomes increasingly necessary to search for forage resources adapted to the edaphoclimatic conditions of the region and in this sense we highlight the cactus pear.

Aims. This study aimed to conduct a literature review through a systematic review of the different ways of using cactus pear in ruminant feeding.

Methods. The research was conducted through a search using descriptors in three different databases, MEDLINE via (PubMed), SciELO and Science Direct for articles published between 2016 and 2021, which resulted in 06 articles selected and analyzed according to the previously established inclusion and exclusion criteria.

Results. The ways in which cactus pear can be used in ruminant feeding can be of the most diverse, and can be included in the diet of these animals both in the fresh form, in mash, in cladodes, associated with forage, in powder, and also in the form of silage.

Conclusions. Cactus pear is an excellent food alternative in arid and semiarid regions, because in association with other nutrients it acts positively in nutritional parameters and, in addition, it is a direct source of water for animals.

Implications. Understanding the different ways of using cactus pear in animal feed, it becomes an alternative in semiarid regions for animal feed, as well as in periods of drought and water scarcity.

Keywords: Animal feed; cactus pear; *Opuntia*; ruminants.

1 Introdução

Em toda superfície terrestre, cerca de 40% são constituídas de terras áridas e semiáridas, equivalendo 90% dos países em desenvolvimento, no qual, 2 bilhões de pessoas vivem nessas áreas com ecossistemas vulneráveis às mudanças climáticas (FAO 2019). No Brasil, o semiárido ocupa 12% do território nacional (IBGE 2017), onde caracteriza-se por baixo índice pluviométrico, altas temperaturas, solo pobre em nutrientes, baixa umidade, chuvas concentradas apenas em determinadas épocas do ano, além de um ambiente susceptível ao processo de desertificação do solo.

Na região do semiárido brasileiro, que é composta em sua maior parte pela região nordeste, a pecuária, tem se constituído uma das principais atividades socioeconômicas que exerce papel importante no cenário da pecuária brasileira (Nunes 2011). No entanto, a sazonalidade forrageira causada pelas irregularidades das chuvas limita a disponibilidade das forragens em qualidade e quantidade adequadas para suprir a necessidade alimentar do rebanho, principalmente em uma determinada época do ano, no período de seca, causando impactos negativos sobre a viabilidade técnica e econômica da produção animal.

Portanto, torna-se necessário cada vez mais a busca por recursos forrageiros capazes de suprir os longos períodos de seca, que forneçam considerável quantidade de matéria seca e possuam um bom valor nutricional (Brandão e Filho 2020), em vista disso, a utilização dos recursos forrageiros para a alimentação animal deve basear-se em espécies adaptadas às condições edafoclimáticas da região. Neste sentido, merece destaque a palma forrageira, cultura largamente difundida no Nordeste Brasileiro (Pessoa *et al.* 2013).

A palma forrageira – *Opuntia fícus-indica* (L) Mill – não é nativa do Brasil, trata-se de uma cactácea exótica originária do México (Hoffmann 1995), porém é difundida em praticamente todos os continentes, sendo utilizada para diversos fins como consumo humano, cercas vivas, conservação dos solos, paisagismo, produção de corantes, dentre outros, e destacando-se como forragem para o gado, dado que, o uso na alimentação animal no Brasil é o de maior relevância (Lemos 2016).

As características que a palma forrageira apresenta, que a torna uma excelente alternativa para seu cultivo em regiões áridas e semiáridas, refere-se a seu aspecto fisiológico especial quanto à absorção, aproveitamento e perda de água, tolerando assim longos períodos de estiagem e ainda sendo capaz de produzir consideráveis quantidades de matéria seca por hectare na lavoura (Santos *et al.* 2006), fato atribuído ao seu metabolismo ácido crassuláceo. Essas cactáceas são chamadas de plantas CAM, uma vez que, apresentam metabolismo diferenciado, abrindo seus estômatos a noite, quando a temperatura ambiente se apresenta

reduzida, e assim, diminuindo as perdas de água por evapotranspiração (Júnior *et al.* 2014). Durante o processo de fotossíntese, quando ocorre as trocas gasosas na planta, essas características morfofisiológicas dessa forrageira, resultam em grande resistência às variâncias edafoclimáticas do semiárido e em especial no período de seca.

A palma forrageira pertence à Divisão: *Embryophyta*, Subdivisão: *Angiosperma*, Classe: *Dicotyledoneae*, Subclasse: *Archiclamideae*, Ordem: *Opuntiales* e Família: *Cactaceae*. Nessa família, existem 178 gêneros com cerca de 2.000 espécies conhecidas. Todavia, nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* estão as espécies de palma mais utilizada com forrageiras, e dentre esses gêneros existem três tipos diferentes de palma forrageira encontradas no nordeste do Brasil, a gigante – *Opuntia ficus-indica*, a redonda – *Opuntia spp.*, e a miúda – *Napolea cochenilifera* Salm Dick (Silva e Santos 2006). Porém, outras espécies têm sido geradas e introduzidas, pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária – IPA, com o intuito de se obter clones sem espinhos, de melhor valor nutritivo e mais resistentes às doenças e pragas.

A constância de vários anos seguidos de secas prolongadas no semiárido nordestino, fez da palma forrageira um alimento estratégico para ser fornecido aos animais nesses períodos de seca, que é justificado pelas suas particularidades, bastante rica em água, mucilagem e resíduos minerais, contendo em média 90% de água em sua composição, que representa uma valiosa contribuição para o suprimento líquido dos animais, além de alto coeficiente de digestibilidade e produtividade (Oliveira *et al.* 2010; Rezende *et al.* 2020).

O valor nutritivo da palma forrageira varia de acordo com a espécie do cacto (Dubeux Júnior *et al.* 2021) idade, estação do ano, solo, clima (Frota *et al.* 2015), no entanto, de forma geral a palma é uma excelente fonte de energia, rica em carboidratos não fibrosos (CNF, 528g/kg na matéria seca (MS) (Wanderley *et al.* 2002, Cardoso *et al.* 2019) e em nutrientes digestíveis totais (NDT, 662g/kg na MS) (Santos *et al.* 2022). Porém, apresenta baixos teores de matéria seca (MS, 124g/kg na alimentação), proteína bruta (PB, 42,8g/ kg MS) e fibra em detergente neutro (FDN, 260g/kg MS) (Oliveira *et al.* 2017; Siqueira *et al.* 2017; Cardoso *et al.* 2019) e energia metabolizável (EM, 2,39 Mcal/kg MS) (Cardoso *et al.* 2019). Conseqüentemente, a palma forrageira apresenta alta palatabilidade e taxa de passagem (Nefzaoui e Bem Salem 2001), assim grandes quantidades podem ser consumidas.

Contudo, a palma forrageira não deve ser fornecida exclusivamente na alimentação de ruminantes, por apresentar limitações em relação a quantidade de fibras e proteína, não suprimindo completamente a necessidade nutricional dos animais (Silva e Santos 2006), sendo necessária a associação com fontes de fibras de alta efetividade (Mattos 2000; Menezes *et al.* 2010; Costa *et al.* 2012; Monteiro 2014; Oliveira *et al.* 2018).

Portanto, para atender às exigências de manutenção e produção dos animais, a palma forrageira pode entrar na dieta dos animais em associação a uma fonte de fibra de alta efetividade e de proteína, para manutenção das condições normais do rúmen (Brandão e Filho 2020). A forma da inclusão da palma na alimentação de ruminantes, pode ser bastante diversificada, seu consumo podendo ser na forma *in natura* ou passar por processo de desidratação, os cladódios popularmente conhecidos como raquetes, podem ser picados e fornecidos aos animais, transformados em farelos, ensilados ou fornecidos em pastejo direto (Frota *et al.* 2015), dentre outras.

Diante desses aspectos, objetivou-se com essa revisão sistemática realizar um levantamento bibliográfico sobre as formas de utilização da palma forrageira na alimentação de animais ruminantes.

2 Material e métodos

Uma revisão sistemática une evidências empíricas que se encaixam em critérios de elegibilidade pré-especificados para dar resposta a uma pergunta de pesquisa específica. Usando métodos sistemáticos e explícitos que são escolhidos com o intuito de minimizar o viés e proporcionar resultados mais confiáveis (Donato e Donato 2019).

As revisões sistemáticas vêm se tornando cada vez mais confiáveis e logo, são consideradas evidências de alta qualidade, tornando-se cada vez mais importante na pesquisa científica. Uma vez que, a partir do objetivo principal da revisão sistemática que é agrupar e sintetizar, os resultados de estudos de um determinado tema de forma resumida, assim, como outras publicações, a revisão sistemática assegura se há necessidade de mais pesquisas, atualiza áreas, evidencia descobertas, além de trazer clareza sobre relatos específicos de cada tema em questionamento.

2.1 Protocolo da Revisão Sistemática

Este estudo de revisão sistemática foi realizado de acordo com as diretrizes da recomendação *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* the (PRISMA) statement, por meio das seguintes etapas: identificação, seleção, elegibilidade e inclusão (Mother *et al.* 2015).

2.2 Pesquisa de Literatura e Coleta de Dados

Para identificar os artigos publicados referentes ao tema de estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico sistematicamente nas bases de dados indexadas: *Medical literature Analysis and Retrieval System Online* MEDLINE via (PubMed), *Scientific Electronic Library Online* (SciELO) e *Science Direct*.

A seleção dos estudos foi realizada em duas buscas, abrangendo o período entre agosto e setembro de 2021, fazendo combinações dos seguintes descritores: Palma forrageira/forage palm, *Opuntia/Opuntia*, ruminantes/ruminants, alimentação animal/animal feed. Além disso, foi incluído um termo livre dentro da busca “cacto pera/cactus pear” por ser um termo muito utilizado na língua inglesa, com o intuito de se obter mais materiais publicados relacionados ao tema estudado. Dessa maneira, a questão que conduziu a pesquisa do presente estudo, intitulou-se: Quais as formas que a palma forrageira é utilizada na alimentação de ruminantes?

2.3 Critérios de Eleição

Os critérios de elegibilidade consistiram em selecionar publicações de estudos disponibilizados na íntegra, publicados em língua portuguesa, inglesa ou espanhola, compreendido no período entre 2016 e 2021, nas determinadas bases de dados. Foram incluídos: I) apenas estudos relacionados com a palma forrageira na alimentação de ruminantes, II) os estudos com ruminantes de forma geral (bovinos, caprinos e ovinos), III) e que apresentaram estudos totalmente concluídos e demonstraram discussões de aspectos relevantes quanto as formas de uso da palma forrageira na alimentação de ruminantes.

E foram excluídos os estudos que não cumpriram com a avaliação de qualidade preestabelecida, os quais, não eram voltados para o uso da palma forrageira na alimentação animal, ou não correspondiam com o tema abordado e quando não foi possível o acesso completo do artigo original.

2.4 Triagem dos Dados

A seleção dos trabalhos científicos foi elaborada em três etapas, inicialmente os artigos foram selecionados através das palavras-chaves e pelo título. Posteriormente, foram lidos os resumos de todos os artigos selecionados na etapa anterior, com o objetivo de identificar se os

mesmos abordavam temática pertinente para o problema da pesquisa. Na última etapa os artigos foram lidos na íntegra e analisados criteriosamente.

O fluxo da seleção de referências dos artigos, foi desenvolvido por meio da criação de um banco de dados, a partir dos artigos obtidos pela busca e sendo qualquer duplicidade dos artigos excluídas posteriormente, utilizando o *software* Mendeley, de acordo com Lima *et al.* (2017).

3 Resultados

Um total de 456 registros potencialmente relevantes foram identificados, a partir da busca realizada em todas as bases de dados, dos quais foram encontrados 103 no Science Direct, 58 encontrados no SciELO e 295 na MEDLINE via (PubMed). Sendo logo em seguida, removidos 85 artigos duplicados. Após a remoção dos artigos duplicados, realizou-se a leitura dos títulos e resumos dos 371 artigos restantes. Por diante, foram excluídos 344 artigos, pois não atendiam aos critérios de eleição para a revisão e 27 tornaram-se elegíveis para leitura na íntegra. A análise criteriosa dos estudos resultou na amostra de 06 artigos científicos, aos quais, atendiam aos critérios de inclusão pré-estabelecidos.

De acordo com o PRISMA *statement*, todas as estratégias de busca utilizada, o processo de seleção para inclusão e exclusão dos registros para este estudo de revisão sistemática, estão resumidamente especificadas em fluxograma apresentado na (Fig. 1).

Os artigos selecionados e que foram de fato incluídos neste estudo totalizaram 06 artigos científicos, aos quais dispõem de diversas informações pontuais sobre as formas de uso da palma forrageira na alimentação de animais ruminantes, sendo eles estudos nacionais e internacionais e de diferentes metodologias, onde 2 foram encontrados na base de dados MEDLINE via (PubMed), 2 na base de dados SciELO e 2 encontrados na base de dados Science Direct. As informações mais relevantes de cada artigo foram organizadas no (Quadro. 1), bem como, título, autores, ano, local, espécie, objetivos, delineamento e o periódico.

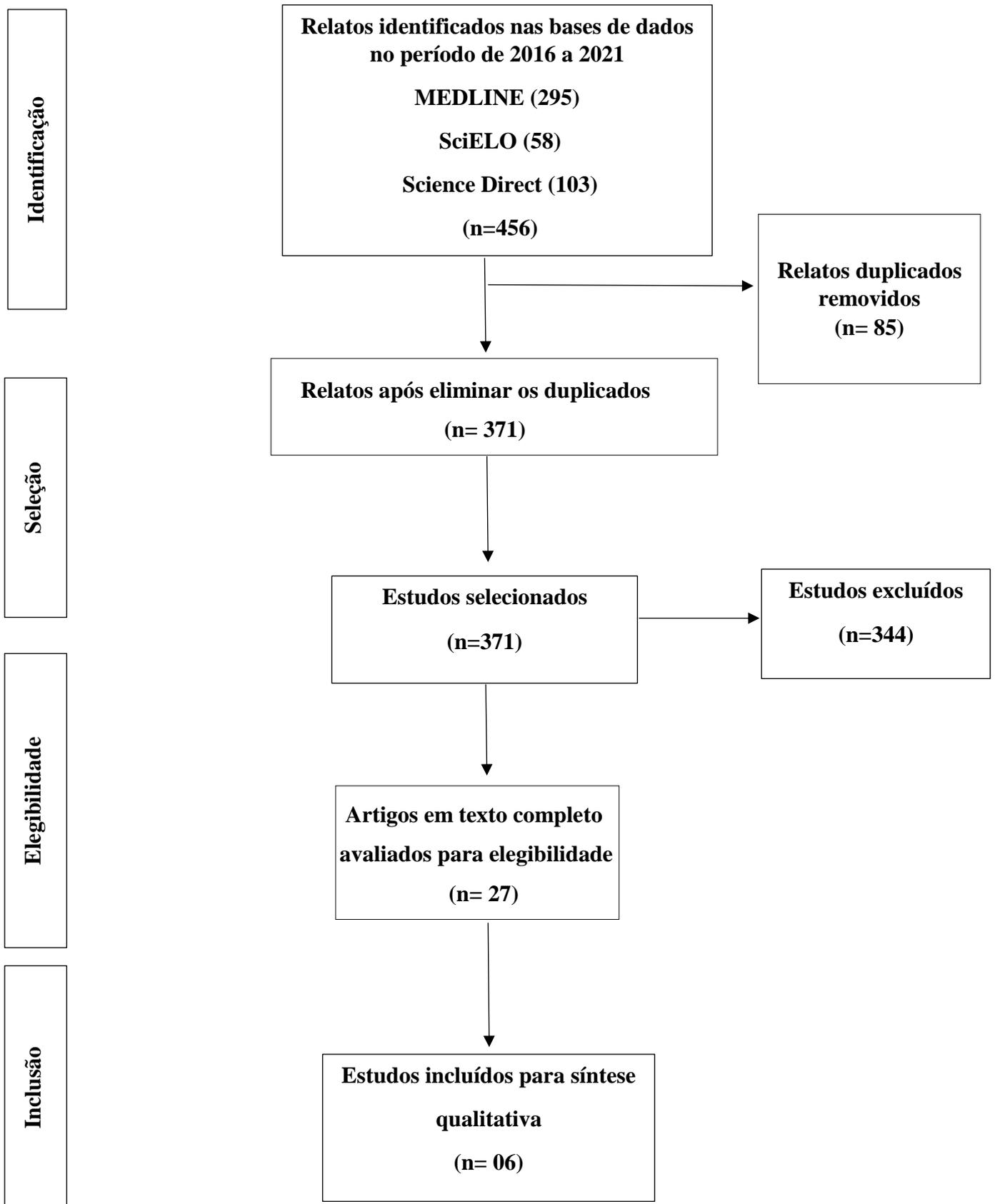


Fig. 1 Fluxograma baseado no protocolo PRISMA da seleção de evidências.

Quadro 1. Caracterização dos artigos incluídos e avaliados criteriosamente.

TÍTULO	AUTORES	LOCAL/ANO/ ESPÉCIE	OBJETIVOS	DELINEAMENTO	PERIÓDICO
Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (<i>Nopalea cochenilifera</i> Salm Dyck)	João P. Neto, Pierre C. Soares, Ângela Maria V. Batista, Solano F.J. Andrade, Rafael P.X. Andrade, Rodrigo B. Lucena e Adriana Guim.	Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil/2016/Ovina.	Avaliar o balanço hídrico e excreção renal dos metabólitos em borregos, alimentados com diferentes quantidades de palma forrageira na forma <i>in natura</i> e farelada em dois níveis de substituição (50% e 100%) ao feno de tifton.	Delineamento Inteiramente Casualizado	Pesquisa Veterinária Brasileira
Desempenho de ovinos alimentados com palma forrageira com restrição total de água	Alma Violeta Cordovatorres; Roberto Germano Costa; Ariosvaldo Nunes de Medeiros; José Teodorico Araújo Filho; Alenice Ozino Ramos; Neymar de Lima Alves.	Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, Alagoas, Brasil/2017/Ovina.	Avaliar o efeito da restrição total de água na dieta de ovinos, alimentados com palma forrageira sobre o desempenho produtivo, com a inclusão (0%, 30%, 50% e 70%) de palma forrageira x água (com água ou sem água)	Delineamento Inteiramente Casualizado	Revista Brasileira Saúde e Produção Animal
Can cactus (<i>Opuntia Stricta</i> [Haw]. Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diets?	Maria Gabriela da Conceição, Marcelo de Andrade Ferreira, Janaina de Lima Silva, Cléber Thiago Ferreira Costa, Juana Catarina Cariri Costa e Carolina Corrêa de Figueiredo Monteiro.	Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil/2018/Bovina.	Avaliar o efeito da substituição de farelo de trigo por cladódios de palma forrageira mais ureia em níveis crescentes (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) na ingestão dos nutrientes, balanço de nitrogênio, síntese de proteína microbiana e fermentação ruminal dos novilhos.	Quadrado Latino	Asian – Australasian Journal of Animal Science

<p>Nutritional and productive parameters of Holstein /Zebu cows fed diets containing cactus pear</p>	<p>Lucas Daniel Alcântara Borges, Vicente Ribeiro Rocha Júnior, Flávio Pinto Monção, Camila Soares, José Reinaldo Mendes Ruas, Fredson Vieira e Silva, João Paulo Sampaio Rigueira, Natanael Mendes Costa, Laura Lúcia Santos Oliveira e Walber de Oliveira Rabelo.</p>	<p>Universidade Estadual de Montes Claros, (Unimontes), Janaúba, Minas Gerais, Brasil/2019/ Bovina.</p>	<p>Verificar os efeitos da palma forrageira em associação com diferentes volumosos na dieta de vacas Holandesas/Zebu sobre o consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo e desempenho.</p>	<p>Duplo Quadrado Latino</p>	<p>Asian – Australasian Journal of Animal Science</p>
<p>Carcass traits and meats quality of lambs fed with cactus (<i>Opuntia ficus-indica Mill</i>) silage and subjected to na intermitente water supply</p>	<p>Aelson Fernandes do Nascimento Souza, Gherman Garcia Leal de Araújo, Edson Mauro Santos, Paulo Sérgio de Azevedo, Juliana Silva de Oliveira, Alexandre Fernandes Perazzo, Ricardo Martins Araujo Pinho, Anderson de Pires Zanine.</p>	<p>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Petrolina, Pernambuco, Brasil/2020/Ovina.</p>	<p>Avaliar o efeito da silagem de palma forrageira e água intermitente ofertada para cordeiros sobre as características de carcaça e qualidade da carne, em três razões de adição de silagem de palma (0%, 21% e 42%), e três intervalos de abastecimento de água (0h, 24h e 48h).</p>	<p>Delineamento Inteiramente Casualizado</p>	<p>PLOS ONE</p>
<p>Effect of Prickly Pear Cactus Peel supplementation on milk production, nutriente digestibility and rumen fermetation of sheep and the maternal effects on growth and physiological performance of suckling offspring</p>	<p>Sabrin A. Morshedy, Aymen E. Abdal Mohsen, Mohamed M. Basyony, Rafa Almeer, Mohamed M. Abdel-Daim, Yassmine M. El-Gindy.</p>	<p>Experimental Station of Nobarria, Animal Production Research Institute, Agriculture Research Center, Doki, Egypt/2020/Ovina.</p>	<p>Avaliar o uso das cascas de palma forrageira (PPCP) como suplementação em dietas de ovelhas no período lactação, sobre o efeito maternal, digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais e seus respectivos filhotes para avaliar o crescimento e desempenho, utilizando a casca de palma em duas doses (5g e 10g).</p>	<p>Delineamento Inteiramente Casualizado</p>	<p>MDPI</p>

4 Discussão

Neto *et al.* (2016) verificaram o balanço hídrico e a excreção renal dos metabólitos em ovinos machos e sem raça definida, alimentados com diferentes níveis de palma forrageira (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck). Foram utilizados 20 animais, sendo cinco tratamentos e quatro repetições, com dietas experimentais que consistiam em uma dieta controle à base de feno Tifton, farelo de soja, suplemento mineral e calcário e os demais tratamentos testando os níveis de inclusão de palma forrageira corrigida com ureia em duas formas, *in natura* e farelada e em dois níveis de substituição (50% e 100%) da matéria seca do feno de tifton.

Nos resultados encontrados por Neto *et al.* (2016), foi observado um maior consumo de matéria seca (CMS) para os animais que receberam a dieta composta por feno de Tifton + palma *in natura* em comparação aos que receberam a dieta controle apenas com feno Tifton, com médias de (1411 e 786 g/dia), respectivamente. A palma forrageira é uma forragem que apresenta alta palatabilidade, principalmente a cultivar miúda, que tem se mostrado mais palatável do que as demais espécies do gênero *Opuntia* (Santos *et al.* 1992), o que está associado ao elevado nível de carboidratos solúveis (Santos *et al.* 1992; Santos *et al.* 2001). Essa característica associada à alta digestibilidade da Matéria seca (MS) pode ter favorecido o consumo das rações contendo palma, seja na forma de farelo ou *in natura*, o que corrobora com Ben Salem *et al.* (1996) e Sirohi *et al.* (1997) que verificaram aumento no consumo de MS em g/dia e em relação ao peso metabólico, à medida que se elevou o nível de participação da palma em ração para ovinos.

Ainda nos resultados obtidos por Neto *et al.* (2016), os animais submetidos às dietas contendo feno de Tifton + palma *in natura* e apenas palma *in natura*, sofreram influência da dieta, com ingestão voluntária de água menor em relação aos demais tratamentos. Ao qual, os autores atribuíram este comportamento à quantidade de água que a palma contém, uma vez que a mesma apresenta baixo teor de matéria seca, e, conseqüentemente, alto teor de umidade. Desta forma, proporcionou a redução da ingestão de água direta pelos animais. Esses resultados corroboram com os encontrados por Abidi *et al.* (2009) e Costa *et al.* (2009) quando estudaram a inclusão da palma na dieta de pequenos ruminantes, em que a ingestão total de água foi maior para os animais que receberam a dieta da palma *in natura* em relação aos demais tratamentos.

Este último resultado, corrobora com resultados encontrados por Cordova-Torres *et al.* (2017), no qual avaliaram o efeito da restrição total de água na dieta de ovinos, alimentados com palma forrageira sobre o desempenho produtivo. Foram utilizados 42 ovinos, machos; alimentados com dietas de 0%, 30%, 50% e 70% de inclusão de palma forrageira x água (dietas com água ou sem água). Observou-se, que a adição de palma forrageira na dieta resultou em

redução na ingestão voluntária de água, que diminuiu a ingestão de 1,80 kg observada na dieta (controle), para 0,207 kg na dieta com (70% de inclusão de palma), porém a ingestão de água através dos alimentos e a ingestão total de água (composta pela água pré-formada na dieta, consumo de água e água metabólica) aumentou com a inclusão de palma forrageira nos tratamentos que os animais tinham fornecimento *ad libitum* de água, e este comportamento pode ser devido a composição da palma, que é aproximadamente (86,0%) de água, e seu baixo teor de matéria seca em torno de (14,0%); assim, toda esta água consumida pelos animais, foi diretamente da palma forrageira. A água metabólica e sua estimativa de produção também foi significativa entre os tratamentos, sendo a produção de água metabólica muito importante, principalmente para a determinação do balanço hídrico dos animais (Morrison 1953).

Em um estudo realizado por Conceição *et al.* (2018), avaliando o efeito da substituição de farelo de trigo por cladódios de palma forrageira mais ureia em níveis crescentes (0%, 25%, 50%, 75% e 100%) para novilhos, observaram, aumento no CMS, com valor máximo de ingestão de MS em 5,73 kg/d, com 54,6%, de substituição do farelo de trigo por cladódios de palma mais ureia. A substituição de até 54,6% do farelo de trigo por cladódios de palma permitiu maior ingestão de nutrientes, o que sugere que os cladódios de palma forrageira, devido às suas características químicas, melhoraram o fluxo da digestão pelo trato gastrointestinal, resultando em aumento da ingestão (Conceição *et al.* 2016). E o efeito negativo de maiores níveis dos cladódios de palma nas dietas sobre a ingestão voluntária, pode estar associado ao alto teor de umidade dessa ração, o que aumenta sua capacidade de ocupar espaço no ambiente ruminal (Gebremariam *et al.* 2006).

Além disso, foi observado uma diminuição na ingestão voluntária de água pelos novilhos, de acordo com o aumento dos níveis de cladódios de palma mais ureia, onde segundo o NRC, (1996), o teor de água em forragens acima de 700g/kg pode diminuir a ingestão voluntária. E a umidade do maior nível dos cladódios de palma na dieta foi estimada em 840,3 g /kg. E corroboram com os achados de Neto *et al.* (2016) e Cordova-Torres *et al.* (2017).

Borges *et al.* (2019), ao investigar os efeitos da palma forrageira em associação com diferentes volumosos na dieta de vacas Holandesas em lactação, com dietas experimentais compostas de silagem de sorgo como volumoso exclusivo; silagem de sorgo associada a palma forrageira em uma proporção de 50% do volumoso; capim-elefante como volumoso exclusivo; capim-elefante associado palma forrageira em uma proporção de 50% do volumoso. Os resultados mostraram, que houve diferenças no consumo de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato étereo (EE), Carboidratos não fibrosos (CNFs) e nutrientes digestíveis totais (NDT) entre as dietas. O CMS foi maior para os animais alimentados com a

dieta de silagem de sorgo como volumoso exclusivo, o que difere dos resultados de Neto *et al.* (2016) e Conceição *et al.* (2018), que observaram o maior CMS nas dietas com adição de palma forrageira em comparação as dietas sem a palma. Portanto, o maior CMS em vacas que receberam silagem de sorgo como fonte exclusiva de fibra é justificado pelo maior teor de MS da dieta em relação às demais. Em geral, o CMS da dieta foi superior aos 13,75 kg/d preconizados pelo NRC (2001), porém, estudo realizado por Murta *et al.* (2016) também observaram que o CMS em vacas mestiças Holandesas/Zebu em lactação foi superior ao recomendado pelo NRC (2001), semelhante ao estudo realizado por Borges *et al.* (2019).

A digestibilidade da MS foi 12,65% maior para silagem de sorgo + palma forrageira em comparação com a do capim elefante sem palma forrageira e apresentaram maior valor de NDT, do que as demais dietas. A presença da palma forrageira na dieta melhorou substancialmente a digestibilidade dos nutrientes, o que está relacionado ao alto teor de CNFs que, quando associados a outros carboidratos como o amido presente na silagem de sorgo, fornecem uma quantidade maior de energia para as bactérias fibrolíticas degradarem a MS potencialmente digerível (Ferreira *et al.* 2012). Outro aspecto relevante observado foi o menor consumo diário de água pelas vacas holandesas/Zebu, pois a inclusão da palma forrageira na dieta reduziu o consumo de água em 44,52%, em relação às dietas animais que eram exclusivas à base de silagem de sorgo e capim-elefante. Portanto, a partir do consumo da palma forrageira também é fornecida a água para os animais, e principalmente no que se refere às regiões semiáridas, onde as restrições hídricas são uma realidade e limitam a produção animal, ao qual os autores atribuíram a composição química da palma forrageira, resultados similares aos dos estudos de Neto, *et al.* (2016), Cordova-Torres *et al.* (2017) e Conceição *et al.* (2018).

Souza *et al.* (2020), avaliando o efeito da silagem de palma forrageira e água intermitente ofertada para cordeiros sobre as características de carcaça e qualidade da carne, testaram em três níveis de adição de silagem de palma (0%, 21% e 42%), e três intervalos de abastecimento de água (0h, 24h e 48h). A adição de silagem de palma forrageira em substituição ao feno de Tifton promoveu aumento no CMS e maior ganho de peso médio diário (GMD), que pode explicar seu efeito nas características de carcaça neste estudo. No qual, nas medidas morfométricas verificou-se que a largura do tórax e o perímetro da garupa foram maiores (16,71 e 61,17 cm, respectivamente), além disso também foi observado maior peso ao abate para os cordeiros com adição de 42% de silagem de palma na dieta do que aqueles que só receberam feno de Tifton como volumoso.

A silagem de palma forrageira apresenta um perfil de fermentação adequado, com níveis adequados de ácido láctico e concentrações de ácido acético, propiônico e butírico (Mokoboki e

Sebola e Matlabe 2016), o que sugere maiores níveis de ingestão de MS, explicando o maior GMD e os efeitos positivos nas características de carcaça. Além disso, a palma forrageira tem alta aceitabilidade, o que aumenta o consumo voluntário. Além do consumo de silagem, sua digestibilidade tem grande influência no ganho de peso. Dado que, a matéria orgânica presente na palma forrageira é altamente degradável (Siqueira *et al.* 2017), promovendo maior ingestão de nutrientes por meio da dieta e, portanto, maior disponibilidade de nutrientes para a síntese de tecidos, o que poderia explicar a maior ganho de peso.

O aumento nos valores das características morfométricas de cordeiros alimentados com dietas contendo 42% da silagem de palma forrageira reflete no aumento do peso da carcaça, com maior quantidade e distribuição da massa muscular sobre a base óssea (Carvalho Júnior *et al.* 2006) uma vez que a palma forrageira fornece energia prontamente disponível no rúmen, favorecendo a síntese de proteína microbiana e a produção de ácidos graxos voláteis, além de também promover maior uso de ração pelo animal e, portanto, maior crescimento e desenvolvimento muscular, que se reflete em maior alongamento da carcaça e deposição muscular. Portanto, o maior peso corporal ao abate foi observado para os animais que receberam maior nível de silagem de palma forrageira, e esse maior peso está relacionado ao maior consumo e digestibilidade da dieta. De acordo com Barroso *et al.* (2007), o alto coeficiente de digestibilidade da palma é principalmente devido à pectina, resultando em maior desempenho animal. O maior consumo dos animais com 42% de silagem na dieta, provavelmente, gerou maior desenvolvimento de tecido, resultando em animais maiores e mais pesados.

Em estudo realizado por Morshedy *et al.* (2020), avaliaram o uso das cascas de palma forrageira (PPCP), utilizando a casca de palma forrageira na forma de pó, em duas doses (5g e 10g/cabeça/dia), como suplementação em dietas para ovinos da raça Barki, no qual, foram avaliados três grupos de animais, um grupo de cordeiros adultos, em outro grupo composto por ovelhas no período de lactação, e por fim em outro os seus respectivos filhotes, sobre o efeito maternal, digestibilidade dos nutrientes, parâmetros ruminais, crescimento e desempenho. Os autores, verificaram melhora na produção e composição química do leite das ovelhas que receberam a suplementação de 5g de PPCP e os seus respectivos filhotes apresentaram maior peso vivo e GMD ao desmame. Além disso, a suplementação com 5g de PPCP também melhorou a digestibilidade dos nutrientes para os cordeiros adultos.

Introduzir dietas balanceadas completas por si só como uma exigência animal na fase de lactação, não é bom o suficiente, mas também o uso de dietas suplementadas com antioxidantes naturais é uma medida importante de pecuária, especialmente em sistemas de cultivo controlados, para assimilar a vida em pastagens naturais animais (Corredu *et al.* 2020;

Reintke *et al.* 2020). A PPCP é um resíduo das indústrias de processamento da palma forrageira (PPC) e representa cerca de 36-48% do fruto inteiro (Yahia e Sáenz 2017). É considerada uma excelente fonte de compostos bioativos e farmacêuticas substâncias (Tahir *et al.* 2019). Este aumento na produção de leite pode estar associado aos componentes antioxidantes da PPCP, como fenóis, taninos, bem como betalaínas (Winkler *et al.* 2015), que foram relatadas por melhorar a saúde das células secretoras mamárias, atividade secretora e a capacidade de ejeção dos alvéolos se relacionou positivamente com a produção do leite (MY) (Harding 1995). Além disso, a suplementação fitoquímica estimula a secreção de alguns hormônios, como o hormônio do crescimento, que promovem a produção de leite durante o período de lactação, aumentando a taxa de mudança de nutrientes do corpo para a glândula mamária, bem como hormônios glicocorticoides que desempenham um papel vital na iniciação e manutenção de lactação (Svennersten-Sjaunja e Olsson 2005).

Os presentes resultados indicaram que a suplementação de 5g de PPCP na dieta de ovelhas melhoraram o peso vivo e o GMD de seus respectivos filhotes ao desmame em comparação ao grupo controle. Os resultados atuais concordam com os resultados de outro estudo que mostra que os cordeiros de ovelhas alimentadas com *Opuntia* cresceram mais rápido e tiveram maior peso vivo ao desmame do que os cordeiros dos outros grupos (Cuevas Reyes *et al.* 2020). E o maior crescimento dos cordeiros que foram amamentados pelas ovelhas alimentadas com dietas suplementadas com 5g de PPCP, em comparação aos cordeiros amamentados pelas ovelhas que recebiam a suplementação de 10g de PPCP, pode ser principalmente devido ao aumento na produção de leite das ovelhas que só ocorreu para o grupo de ovelhas Barki tratadas com a suplementação de 5g de PPCP.

Além disso, os resultados indicam que a suplementação alimentar de 5g de PPCP melhorou a digestibilidade de nutrientes, em cordeiros adultos comparados ao grupo controle. Em paralelo com a presente descoberta, o aumento na matéria orgânica (MO), MS e PB total e a digestibilidade ruminal induzida pela palma forrageira substituindo o feno de tifton em ovinos pode ser interpretado pela disponibilidade e melhor uso de nutrientes para microrganismos ruminais (Siqueira *et al.* 2017). A digestibilidade da PB, carboidratos totais e NDT aumentou em cordeiros alimentados com palma forrageira como nos resultados encontrados por Lopes *et al.* 2020. De acordo com Siqueira *et al.* 2017, a palma forrageira é constituída de carboidratos não fibrosos que representam a maior fração do total de carboidratos e são prontamente fermentáveis no rúmen, melhorando assim a digestibilidade dos nutrientes.

5 Conclusão

Diante dos resultados encontrados, a utilização da palma forrageira na alimentação dos ruminantes é das mais diversificadas possíveis, podendo entrar na dieta desses animais seja na forma *in natura*, farelada, em cladódios, associada aos volumosos, em pó, e também em forma de silagem.

A palma forrageira isoladamente não fornece o suprimento nutricional adequado para os animais devido sua composição química, sobretudo a sua baixa quantidade de fibras, porém em associação a outras fontes de nutrientes, a mesma, atua de forma positiva no consumo, digestibilidade, desempenho, produção do leite, ganho de peso e características de carcaça. E por fim, a inclusão de palma forrageira nas dietas, influencia a ingestão de água desses animais, reduzindo a necessidade fornecimento de água e tornando-se seu uso uma estratégia em áreas áridas e semiáridas ou em situações de escassez hídrica.

Referências

- Abidi S, Bem Salem H, Martín-García AI, Molina-Alcaide E (2009) Ruminal fermentation of spiny (*Opuntia amyclae*) and spineless (*Opuntia ficus indica finermis*) cactus cladodes and diets including cactus. *Animal Feed Science and Technology* **149**, 333-340. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.06.006
- Barroso DD, Araújo GGL, Silva DS, Gonzaga Neto S, Medina FT (2007) Performance of sheep in feedlot termination fed with dried grapes residue diets associated with different energy sources. *Ciência Rural* **38**, 192-198. doi: 10.1590/S0103-84782006000500033
- Ben Salem H, Nefzaoui A, Abdouli H, Orskov ER (1996) Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given strawbased diets. *Animal Science* **62**, 293-299. doi: 10.1017/S1357729800014600
- Brandão AO, Filho AE (2020) Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Revisão. *Revista de Educação, Ciência e Tecnologia de Almenara* **2**, 83-101. doi: 10.46636/recital.v2i3.166
- Borges LDA, Júnior VRR, Monção FP, Soares C, Ruas JRM, Silva FV, Rigueira JPS, Costa NM, Oliveira LLS, Rabelo WO (2019) Nutritional and productive parameters of Holstein /Zebu cows fed diets containing cactus pear. *Asian – Australasian Journal of Animal Science* **32**, 1373-1380. doi: 10.5713 / ajas.18.0584
- Cardoso DB, Carvalho FFR, Medeiros GR, Guim A, Cabral AMD, Veras RML, Santos KC, Dantas LCN, Nascimento AGO (2019) Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. *Animal Feed Science and Technology* **247**, 23-31. doi:v10.1016/j.anifeedsci.2018.10.016
- Carvalho Júnior AM, Pereira Filho JM, Silva RM, Cezar MF, Silva AMA, Silva ALN (2009) Effect of supplemental feeding on carcass and noncarcass characteristics of F1 (Boer×SRD) goats finished on native pasture. *Animal Science* **38**, 1301-1308. doi: 10.1590 / S1516-35982009000700020
- Conceição MG, Ferreira MA, Campos JMS (2016) Replacement of wheat bran with cactus cladodes in sugarcane-based diets for steers. *Revista Brasileira de Zootecnia* **45**, 158-64. doi: 10.1590/S1806-92902016000100004
- Conceição MG, Ferreira MA, Silva JL, Costa CTF, Costa JCC, Monteiro CCF (2018) Can cactus (*Opuntia Stricta* [Haw]. Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diets? *Asian – Australasian Journal of Animal Science* **31**, 1627-1634. doi: 10.5713/ ajas.17.0927
- Cordova-Torres AV, Costa RG, Medeiros NA, Araújo Filho JT, Ramos AO, Alves NL (2017) Desempenho de ovinos alimentados com palma forrageira com restrição total de água. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* **18**, 369-377. doi: 10.1590/S1519-99402017000200015

- Correddu F, Lunesu MF, Buffa G, Atzori AS, Nudda A, Battacone G, Pulina G (2020) Can agro-industrial by-products rich in polyphenols be advantageously used in the feeding and nutrition of dairy small ruminants? *Animals* **10**, 131. doi: 10.3390/ani10010131
- Costa RG, Beltrão Filho EM, Medeiros NA, Givisiez PEN, Queiroga RCRE, Melo AAS (2009) Effects of increasing level of cactus pear (*Opuntia ficus indica* L. Miller) in the diet of dairy goats and its contribution as a source of water. *Small Ruminates Research* **82**, 62-65. doi: 10.1016/j.smallrumres.2009.01.004
- Costa RG, Treviño IH, Medeiros GR, Medeiros AN, Pinto TF, Oliveira RL (2012) Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica*, Mill) on the performance of Santa Ines lambs. *Small Ruminant Research* **102**, 13-17. doi: 10.1016/j.smallrumres.2011.09.012
- Cuevas Reyes V, Santiago Hernandez F, Flores Najera MDJ, Vazquez Garcia JM, Urrutia Morales J, Hosseini-Ghaffari M, Chay-Canul A, Meza-Herrera CA, Gonzalez-Bulnes A, Martin GB (2020) Intake of spineless cladodes of *Opuntia ficus-Indica* during late pregnancy improves progeny performance in underfed sheep. *Animals* **10**, 995. doi: 10.3390/ani10060995
- Donato H, Donato M (2019) Stages for undertaking a systematic review. *Revista Científica da Ordem dos Médicos* **32**, 227-235. doi: 10.20344/amp.11923
- Dubeux Júnior JCB, Santos MVF, Cunha MV, Santos DC, Souza RTA, Mello ACL, Souza TC (2021) Cactus (*Opuntia* and *Nopalea*) nutritive value: A review. *Animal Feed Science and Technology* **275**, 114890. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2021.114890
- FAO (2019) food and Agriculture Organization. *Trees, forests and land use in drylands: the first global assessment*.
- Ferreira MA, Bispo SV, Rocha Filho RR, Urbano AS, Costa CTF (2012) The use of cactus as forage for dairy cows in semi-arid regions of Brazil. *Organic farming and food production* **8**,171-190. doi: 10.5772/53294
- Frota MNL, Carneiro MSS, Carvalho GMC, Neto RBA (2015) Palma Forrageira na Alimentação Animal. *Empraba Meio-Norte* 48p.
- Gebremariam T, Melaku S, Yami A (2006) Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragros tistef*) straw-based feeding of sheep. *Animal Feed Science and Technology* **131**, 43-52. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2006.02.003
- Harding F (1995) World milk production. *In Milk Quality* 133-150. doi: 10.1007/978-1-4615-2195-2_1
- Hoffmann W (1995) Etnobotânica. In: Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. Roma: FAO, Produção e proteção vegetal Tradução (SEBRAE/PB), Paper 132.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Semiárido Brasileiro: Geociências: em

Bases de dados e tabelas. IBGE Senso 2017. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15974-semiarido-brasileiro.html?t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 20 Set, 2021.

Júnior JGBG, Silva JBA, Morais JHG, Lima RN (2014) Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. *Acta Veterinaria Brasilica* **8**, 78-85. doi: 10.21708/avb.2014.8.2.3490

Lemos M (2016) Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro. Tese (Doutorado - Manejo e solo de água no Semiárido) 244p. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/610>.

Lima AODL, Mochón LG, Tamayo CB (2017) Identificación de indicadores de resultado en salud en atención primaria. Una revisión de revisiones sistemáticas. *Revista de Calidad Asistencial* **32**, 278-288. doi: 10.1016/j.cali.2017.08.001

Lopes LA, Ferreira MDA, Batista AMV, Maciel MV, Barbosa RA, Munhame JA, Silva TGP, Cardoso DB, Vêras ASC, Carvalho FFR (2020) Intake, digestibility, and performance of lambs fed spineless cactus cv. Orelha de Elefante Mexicana. *Asian-Australasian Journal Animal Science* **33**, 1284-1291. doi: 10.5713/ajas.19.0328

Mattos LME, Ferreira LA, Santos DC, Lira MA, Santos MVF, Batista, AMV, Vêras ASC (2000) Associação da palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) com diferentes fontes de fibra na alimentação de vacas 5/8 Holandês/zebu em lactação. *Revista Brasileira de Zootecnia* **29**, 2128-2134.

Menezes CMD, Schwalbach LMJ, Combrinck WJ, Fair MD, Waal HO (2010) Effects of sun-dried *Opuntia ficus-indica* on feed and water intake and excretion of urine and faeces by Dorper sheep. *South Africa Journal of Animal Science* **40**, 491-494.

Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altaman DG (2015) THE PRISMA GROUP. Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA, Brasil. *Epidemiologia e Serviços de Saúde* **24**, 335-342. doi: 10.5123/S1679-49742015000200017

Monteiro CCF, Melo AAS, Campos JMS, Souza JSR, Silva ETS, Andrade RPX, Silva, EC (2014) Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv Gigante) and urea in the diets of Holstein×Gyr heifers. *Tropical Animal Health and Production* **46**, 1149-1154. doi: 10.1007/s11250-014-0619-0

Morrison DAS (1953) Method for the calculation of metabolic water. *The Journal of Physiology* **122**, 399-402. doi: 10.1113 / jphysiol.1953.sp005009

Morshedy AS, Mohsen AEA, Basyony MM, Almeer R, Abdel-Daim MM, El-Gindy YM (2020) Effect of Prickly Pear Cactus Peel supplementation on milk production, nutriente digestibility and rumen fermentation of sheep and the maternal effects on growth and physiological performance of suckling offspring. *Animals* **10**, 1476. doi: 10.3390/ani10091476

- Mokoboki K, Sebola N, Matlabe G (2016) Effects of molasses levels and growing conditions on nutritive value and fermentation quality of *Opuntia cladodes* silage. *Animal Plant Science* **28**, 4488-4495. Disponível em: <http://www.m.elewa.org/JAPS>.
- Nefzaoui A, Ben Salem H (2001) *Opuntia* spp.: A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the WANA region. In: In: Mondragon, C., Gonzalez, S. (Eds.), *Cactus (Opuntia spp.) as Forage* 169. *FAO Plant Production and Protection Paper*, pp. 73-90. Disponível em: <https://agris.fao.org>.
- Murta RM, Veloso CM, Pires AJV (2016) Intake, apparent digestibility, production, and composition of milk from cows fed diets with different sources of lipids. *Revista Brasileira de Zootecnia* **45**, 56-62. doi: 10.1590/S1806-92902016000200003
- Neto JP, Soares PC, Batista AMV, Andrade SFJ, Andrade RPX, Lucena RB, Guim A (2016) Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck). *Pesquisa Veterinária Brasileira* **36**, 322-328. doi: 10.1590/S0100-736X2016000400012
- Nunes CS (2011) Uso e aplicações da Palma forrageira com uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. *Revista Verde de Agroecologia* **6**, 58-66. Disponível em: <http://revista.gvaa.com.br>
- NRC (2001) Committee on Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Nutrient requirements of dairy cattle, 7th rev. ed. Washington, DC, USA: National Academy Press.
- Oliveira FT, Souto JS, Silva RP, Filho FCA, Júnior EBP (2010) Palma Forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Revista Verde* **5**, 27-37. Disponível em: <http://revista.gvaa.com.br>
- Oliveira JPF, Ferreira MA, Alves MSV, Melo ACC, Andrade IB, Suassuna JMA, Barros LJA, Melo TTB, Silva JL (2017) Spineless cactus as a replacement for sugarcane in the diets of finishing lambs. *Tropical Animal Health and Production* **49**, 139–144. doi: 10.1007/s11250-016-1170-y
- Oliveira JPF, Ferreira MA, Alves AMSV, Melo ACC, Andrade IB, Urbano SA, Suassuna JMA, Barros LJA, Melo TTB (2018) Carcass characteristics of lambs fed spineless cactus as a replacement for sugarcane. *Asian-Australasian Journal Animal Sciences* **31**, 529–536. doi: 10.5713/ajas.17.0375
- Pessoa RAS, Ferreira MA, Ferreira MA, Silva FM, Bispo SV, Wanderlay WL, Vasconcelos PC (2013) Diferentes suplementos associados à palma forrageira em dietas para ovinos: consumo, digestibilidade aparente e parâmetros ruminais. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal* **14**, 508-517.
- Reintke J, Brügemann K, Wagner H, Engel P, Wehrend A, König S (2020) Phenotypic relationships between maternal energy metabolism and lamb body weight development during lactation for pure-and crossbred sheep populations in low and high input production systems. *Small Ruminants Research* **183**, 106037. doi: 10.1016/j.smallrumres.2019.106037

- Rezende FM, Vêras ASC, Siqueira MCB, Conceição MG, Lima CL, Almeida MP, Mora-Luna RE, Neves MLMW, Monteiro CCF, Feireira MA (2020) Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw Haw) to replace sorghum silage in sheep diet. *Tropical Animal Health and Production* **58**, 1875-1880. doi: 10.1007/s11250-020-02213-w
- Santos DC (2006) Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Napolea*) em Pernambuco. *Recife: Instituto Agrônomo de Pernambuco* (Documentos 30) 48p.
- Santos D C, Santos MVF, Farias I, Dias FM, Lira MA (2001) Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holandesas/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*). *Revista Brasileira de Zootecnia* **30**,12-17.
- Santos MVF, Lira MA, Farias I, Hélio A, Burity HA, Tavares Filho JJ (1992) Efeito do período de armazenamento pós- colheita sobre a matéria seca e composição química das palmas forrageiras. *Pesquisa Brasileira Agropecuária* **27**, 777-783.
- Silva CCF, Santos LC (2006) Palma forrageira (*Opuntia ficus - indica mil*) como alternativa na alimentação de ruminantes. *REDVET – Revista Electrónica de Veterinaria* **7**, 1-13. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>
- Siqueira MC, Ferreira MDA, Monnerat JPIDS, Silva JDL, Costa CT, Da Conceição MG, De Andrade RDP, Barros LJ, Melo TTDB (2017) Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. *Animal Feed Science and Technology* **226**, 56-64. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.12.006
- Sirohi SK, Karim AS, Misra AK (1997) Nutrient intake and utilization in sheep fed with prickly pear cactus. *Journal Arid Environ* **36**, 161-166. doi: 10.1006/jare.1996.0184
- Souza AFN, Araújo GGL, Santos EM, Azevedo OS, Oliveira JS, Perazzo AF, Pinho RMA, Zanine AP (2020) Carcass traits and meats quality of lambs fed with cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) silage and subjected to na intermitente water supply. *PLOS ONE* **15**, e0231191. doi: 10.1371/journal.pone.0231191
- Santos DS, Macedo AVM, Conceição MG, Siqueira MCB, Mora-Luna RE, Vasconcelos EQL, Oliveira JPF, Monteiro CCF, Silva JL, Ferreira MA (2022) Sugarcane replaced by cactus cladodes improves the ruminal dynamics of sheep. *Small Ruminant Research* **209**, 106649. doi: 10.1016/j.smallrumres.2022.106649
- Svennersten-Sjaunja K, Olsson K (2005) Endocrinology of milk production. *Domestic Animal Endocrinology* **29**, 241-258. doi: 10.1016/j.domaniend.2005.03.006
- Tahir HE, Xiaobo Z, Komla MG, Mariod AA (2009) Nopal cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill) as a source of bioactive compounds. *In Wild Fruits: Composition, Nutritional Value and Products*, 333-358. doi: 10.1007/978-3-030-31885-7_26
- Wanderley WL, Ferreira MA, Andrade DKB, Verás ASC, Fárias I, Lima LE, Dias AMA (2002) Palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em substituição à silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) na alimentação de vacas leiteiras. *Revista Brasileira de Zootecnia* **31**, 273-281.

- Winkler A, Gessner DK, Koch C, Romberg FJ, Dusel G, Herzog E, Most E, Eder K (2015) Effects of a plant product consisting of green tea and curcuma extract on milk production and the expression of hepatic genes involved in endoplasmic stress response and inflammation in dairy cows. *Archive of Animal Nutrition* **69**, 425-44. doi: <https://doi.org/10.1080/1745039X.2015.1093873>
- Yahia EM, Sáenz C (2017) Cactus pear fruit and cladodes. In Fruit and Vegetable Phytochemicals. *Chemistry and Human Health*, 941-956. Disponível em: www.books.google.com

CAPÍTULO II:

Efeito do uso de mucilagem de palma forrageira como aditivo úmido para silagem de grão de milho sobre o consumo, desempenho, comportamento ingestivo, digestibilidade, balanço de N e parâmetros ruminais e sanguíneos de caprinos em crescimento

Trabalho a ser submetido à revista:

Small Ruminant Research

(Qualis A2, JCR 1.611).

Efeito do uso de mucilagem de palma forrageira como aditivo úmido para silagem de grão de milho sobre o consumo, desempenho, comportamento ingestivo, digestibilidade, balanço de N, parâmetros ruminais e sanguíneos de caprinos em crescimento

Resumo: Objetivou-se avaliar o efeito da substituição do grão de milho moído seco por silagens com os aditivos úmidos água, mucilagem de palma forrageira e soro de leite na dieta de caprinos sobre: o consumo, digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio, comportamento ingestivo, desempenho animal, parâmetros ruminais e sanguíneos de caprinos. Foram realizados três experimentos. Para o experimento I foram utilizados 32 cabritos mestiços de Boer, machos, não castrados, com peso inicial médio de $16,7 \pm 2,5$ kg e três meses de idade, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados com 4 tratamentos e 8 repetições. Para o experimento II foram utilizados 12 cabritos mestiços de Boer, machos, não castrados, com peso médio de $21,9 \pm 1,5$ kg e quatro meses de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 3 repetições. Para o experimento III foram utilizados 4 ovinos, adultos, machos, castrados da raça Santa Inês com $30,4 \pm 6$ kg, fistulados e canulados no rúmen, distribuídos em um delineamento quadrado latino (4×4). As dietas experimentais consistiram em 4 tratamentos, (1) milho moído seco (MMS); (2) silagem de grão de milho moído umidificado com água (SMUA); (3) silagem de grão de milho moído umidificado com mucilagem de palma (SMUM) e (4) silagem de grão de milho moído umidificado com soro de leite (SMUS). O consumo de matéria seca (MS; $P= 0,004$) foi maior para a SMUM quando comparado ao SMUS. O consumo de proteína bruta (PB; $P= 0,005$) e o consumo de fibra em detergente neutro (FDN; $P= 0,0002$) foi menor para a SMUS em relação demais tratamentos. Não houve diferença significativa para as digestibilidades da MS, PB e FDN ($P>0,05$). O MMS apresentou menor balanço de N ($P= 0,008$) e maior N-urinário excretado ($P= 0,014$) que os tratamentos da SMUA, SMUM e SMUS. Não houve efeito significativo para as variáveis observadas do comportamento ingestivo ($P>0,05$). A dieta influenciou o desempenho animal com maior peso corporal final ($P= 0,033$), ganho de peso total ($P= 0,004$) e ganho médio diário ($P= 0,039$) para o MMS e SMUM. Foi observada maiores concentrações de albumina ($P= 0,0045$) e de cloro ($P= 0,0496$) para MMS, SMUM e SMUA. A menor concentração de nitrogênio amoniacal N-NH₃ foi observada para a SMUS ($P= 0,0067$). Recomenda-se a utilização dos aditivos úmidos água, e mucilagem de palma forrageira, como alternativa viável de aditivos umidificantes para o grão de milho moído seco, na alimentação de caprinos em crescimento.

Palavras-chave: Aditivos úmidos, cabritos, ensilagem, mucilagem.

Effect of the use of forage cactus pear mucilage as a moist additive for corn grain silage on the intake, performance, digestibility, N balance, rumen and blood parameters of goats

Abstract: The objective of this study was to evaluate the effect of replacing dry ground corn grain by silages with the moisties additives water, cactus pear mucilage and whey in the goat diet on: intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, ingestive behavior, animal performance, parameters rumen and blood of goats. Three experiments were performed. For experiment I, 32 crossbred Boer goats were used, male, not castrated, with an average initial weight of 16.7 ± 2.5 kg and three months of age, distributed in a randomized block design with 4 treatments and 8 replications. For experiment II, 12 crossbred Boer goats were used, male, not castrated, with an average weight of 21.9 ± 1.5 kg and four months of age, distributed in a completely randomized design with 4 treatments and 3 replications. For experiment III, 4 adult, male, castrated Santa Inês sheep weighing 30.4 ± 6 kg, fistulated and cannulated in the rumen, distributed in a Latin square design (4×4) were used. The experimental diets consisted of 4 treatments, (1) dry ground corn (MMS); (2) Silage of ground corn grain moistened with water (SMUA); (3) Silage of ground corn grain moistened with cactus pear mucilage (SMUM) and (4) Silage of ground corn grain moistened with whey (SMUS). Dry matter intake (DM; $P=0.004$) was higher for SMUM when compared to SMUS. Crude protein consumption (CP; $P=0.005$) and neutral detergent fiber consumption (NDF; $P=0.0002$) were lower for SMUS in relation to other treatments. There was no significant difference for DM, CP and NDF digestibilities ($P>0.05$). The MMS showed the lowest N balance ($P=0.008$) and the highest excreted N-urinary ($P=0.014$) than the SMUA, SMUM and SMUS treatments. There was no significant effect for the observed variables of ingestive behavior ($P>0.05$). Diet influences animal performance with higher final body weight ($P=0.033$), total weight gain ($P=0.004$) and average daily gain ($P=0.039$) for MMS and SMUM. Higher concentrations of albumin ($P=0.0045$) and chlorine ($P=0.0496$) were observed for MMS, SMUM and SMUA. The lowest concentration of ammonia nitrogen N-NH₃ was observed for SMUS ($P=0.0067$). It is recommended the use of moisties additives water and cactus pear mucilage, as a viable alternative of wetting additives for dry ground corn grain, for feeding of growing goats.

Keywords: Ensilage, goatling, moisties additives, mucilage.

1 Introdução

O milho é um dos grãos mais produzidos no mundo, sendo o principal concentrado energético utilizado na alimentação animal, devido a sua qualidade nutritiva e seu alto potencial de cultivo, o que o torna a principal fonte de amido nas dietas de animais ruminantes. Com a finalidade de melhorar seu aproveitamento, o milho pode ser processado, e assim aumentar sua disponibilidade de energia para os ruminantes (Huntington et al., 2006).

Estes grãos apresentam forte matriz proteica que recobre os grânulos do amido, o que limita o ataque microbiano no rúmen, e dependendo do tipo de matriz proteica presente no grão, a ação enzimática também é influenciada no intestino delgado (Menezes et al., 2017). No entanto, há várias formas de processamento destes grãos que podem resultar em uma maior disponibilidade do amido, e com isso promover melhor aproveitamento deste cereal, destacando-se a moagem, ensilagem e reidratação dos grãos (Nunes et al., 2020).

A ensilagem é uma técnica que se configura como boa opção de armazenamento dos grãos minimizando problemas corriqueiros como perdas por ataques de insetos e roedores, como também é uma das técnicas principais para garantir o aporte nutricional do rebanho durante todo ano, pois possibilita a compra de milho em temporadas favoráveis, como no período de safra viabilizando a diminuição nos custos de produção (Mourão et al., 2012; Mombach et al., 2019).

Ensilar o grão de milho moído após reidratação é uma técnica muito promissora para melhorar o valor nutritivo do grão de milho (Silva et al., 2018). A reidratação da silagem de grão de milho moído surge como uma estratégia capaz de atuar positivamente, através da reidratação do grão que proporciona boas condições de fermentação, a fim de que as bactérias anaeróbicas exerçam proteólise sobre a matriz proteica tornando o amido mais susceptível a degradação no rúmen (Arcari et al., 2016).

Silagens à base de palma forrageira vem sendo utilizadas na alimentação de ruminantes em vários países pelo mundo (Pereira et al., 2021). A palma forrageira mostra-se uma opção no processo de hidratação, uma vez que, a mucilagem desta, possui substâncias contidas no interior de sua epiderme, a qual é constituída de glicoproteínas, ácidos orgânicos, açúcares e outros carboidratos, que possui capacidade de retenção de água e implica na baixa resistência da cactácea à queda do pH, inibindo o desenvolvimento de leveduras (Santos, 2012). Além disso, as silagens à base de palma forragem mantém o padrão de fermentação e podem, portanto, preservar adequadamente o material ensilado (Pereira et al., 2021).

Embora a água seja normalmente utilizada no processo de reidratação dos grãos, outros líquidos, como o soro de leite, também podem ser utilizados para tal fim. Nas indústrias de

laticínios, o soro é o principal subproduto derivado do processamento de queijos e laticínios. Uma grande quantidade desse subproduto é produzido e seu descarte em cursos de água causa sérios danos ambientais, um possível destino para o soro de leite produzido em excesso, seria a utilização na reidratação de silagens de grãos de milho (Rezende et al., 2014), já que esse possui elevado teor de umidade, é rico em proteínas, lactose, minerais e vitaminas e as bactérias ácido lácticas presente no soro de leite podem favorecer a fermentação láctica (Gajo et al., 2016) podendo, assim melhorar o perfil fermentativo da silagem.

Com isso, hipotetizou-se, que a silagem de grão de milho moído umidificado com a mucilagem de palma forrageira em substituição ao milho em grão moído do concentrado, maximiza o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, pela maior disponibilidade do amido, e conseqüentemente, o desempenho animal em comparação com a silagem de grão de milho moído umidificado com água e soro de leite ou milho em grão moído seco.

Neste sentido, objetivou-se avaliar o efeito da substituição do grão de milho moído seco por silagens umidificadas com água, mucilagem de palma forrageira e soro de leite em dietas para caprinos confinados em crescimento sobre o consumo e a digestibilidade dos nutrientes, balanço de nitrogênio N, parâmetros sanguíneos, parâmetros ruminais, comportamento ingestivo e desempenho animal.

2 Material e métodos

2.1 Considerações éticas e localização dos experimentos

Todas as práticas de manejo animal, foram em estrita conformidade com as recomendações do Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil (Protocolo número 07/2019).

Este estudo foi realizado no Módulo Didático Produtivo de Pequenos Ruminantes da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Saúde e Tecnologia Rural (CSTR), Patos-PB, localizado na Fazenda Experimental NUPEARIDO, CSTR/UFCG (Latitude S - 7°4'44,4"; Longitude W - 37°16'28,5"), Paraíba, Brasil.

2.2 Produção das silagens

A palma forrageira da variedade Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta*) foi adquirida de uma propriedade, localizada no município de Patos-PB. Para realização do corte

das raquetes foi utilizado um facão com lâmina de 40 cm. A palma foi triturada na forrageira para obtenção da mucilagem.

Os grãos de milho foram adquiridos por uma empresa comercial, situada no município de Patos-PB. Após sua aquisição, os grãos foram submetidos ao processo de trituração em uma máquina forrageira, utilizando uma peneira medindo 5 mm.

O soro de leite *in natura* utilizado foi da espécie bovina, ao qual foi adquirido de uma queijaria localizada na cidade de Patos-PB, no qual foi acondicionado em baldes para o transporte até a fazenda e utilizado no mesmo dia.

Para produção das silagens, os três tipos de umidificantes, (água, mucilagem de palma forrageira e soro de leite) foram utilizados no processo hidratação do milho antes do processo da ensilagem, na proporção de 75% de milho e 25% de aditivo hidratante, onde a cada 100 kg de silagem produzida foram utilizados 25 kg de aditivo úmido e 75 kg de milho moído, para uma matéria seca em torno de 65%.

Os silos produzidos foram do tipo cilindro, utilizando bombonas de plástico para o armazenamento da silagem, posteriormente compactados e fechados. A abertura dos silos foi realizada com 240 dias.

Experimento I: Consumo, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e desempenho

2.3 Animais, tratamentos e delineamento

Foram utilizados 32 cabritos mestiços de Boer, machos, não castrados, com peso médio de $16,7 \pm 2,5$ kg e três meses de idade, distribuídos em um delineamento de blocos casualizados, sendo o peso inicial dos animais o critério para formação dos blocos, com 4 tratamentos e 8 repetições. Os animais foram pesados antes de iniciar o experimento, identificados, vacinados contra clostridioses, vermifugados e alojados em um galpão coberto contendo baias individuais suspensas com piso ripado, equipadas com comedouros e bebedouros. O período experimental teve um total de 71 dias de duração, incluindo 14 dias de adaptação dos animais ao ambiente, manejo e dietas.

As dietas experimentais foram formuladas de acordo com as recomendações do NRC (2007), com base nas exigências para caprinos machos em crescimento para atender um ganho de peso médio diário de 200 g/dia e foram formuladas na proporção de 40% de volumoso e

60% de concentrado, sendo o volumoso feno Tifton 85 (*Cynodon sp*) e o concentrado composto de milho moído seco, farelo de soja, ureia e mistura mineral (Tabela 1).

As dietas experimentais consistiram em 4, sendo os seguintes tratamentos, (1) milho moído seco (concentrado padrão) (MMS); (2) silagem de grão de milho moído umidificado com água (SMUA); (3) silagem de grão de milho moído umidificado com mucilagem de palma forrageira (SMUM) e (4) silagem de grão de milho moído umidificado com soro de leite (SMUS). Todas as silagens foram incluídas em substituição ao milho moído seco (Tabela 1). Os animais foram alimentados duas vezes ao dia (8h e 15h), e o alimento fornecido foi corrigido através de pesagens diárias para garantir uma quantidade de sobras ao nível de 10%. E o fornecimento de água *ad libitum*, durante todo o período experimental.

2.4 Consumo, comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e desempenho

O consumo dos nutrientes foi obtido pela diferença entre o total de cada nutriente ofertado na dieta e o total de cada nutriente contido nas sobras e expressos em gramas por dia (g/dia). No 21° e 41° dia experimental foi realizada a observação do comportamento ingestivo individualmente de cada animal, pelo método de varredura instantânea, com intervalo de 5 minutos e duração de 24h, segundo metodologia proposta por Johnson e Combs (1991).

Tabela 1 Proporção dos ingredientes e composição química das dietas experimentais utilizadas na alimentação dos caprinos em crescimento.

Item	Dietas ¹			
	MMS	SMUA	SMUM	SMUS
Proporção de ingredientes nas dietas (%)				
Feno de Tifton-85	40	40	40	40
Farelo de soja	18	17	17	17
Milho moído seco	40	0	0	0
Silagem	0	41,5	41,5	41,5
Ureia	0,5	0	0	0
Mistura mineral*	1,5	1,5	1,5	1,5
Composição química das dietas (% MS ^a)				
Matéria seca	91,97	81,87	82,78	81,41
Matéria mineral	7,38	6,45	6,63	6,48
Proteína bruta	15,87	15,18	15,47	15,35
Extrato etéreo	1,89	1,92	2,17	1,92
Fibra em detergente neutro _{cp} ^b	42,97	37,94	39,75	37,45
Carboidratos não-fibrosos	31,89	38,51	35,98	38,8
Nutrientes digestíveis totais	68,93	70,96	67,94	70,96
Lignina	4,47	3,30	3,32	3,30

¹ MMS (concentrado padrão); SMUA: silagem de grão de milho moído umidificado com água; SMUM: silagem de grão de milho moído umidificado com mucilagem de palma forrageira; SMUS: silagem de grão de milho moído umidificado com soro de leite.

^a Matéria seca.

^b corrigido para cinzas e proteínas

*Níveis de garantia (por kg de elementos ativos): 120g de cálcio, 87g de fósforo, 147g de sódio, 18g de enxofre, 590mg de cobre, 40mg de cobalto, 20mg de cromo, 1800mg de ferro, 80mg de iodo, 1.300mg de manganês, 15mg de selênio, 3.800mg de zinco, 300mg de molibdênio e no máximo 870mg de flúor.

As variáveis observadas foram tempo de alimentação, ruminação e ócio. Para cada animal, dois observadores treinados foram posicionados para minimizar a interferência e registrarem os dados comportamentais. Iluminação artificial foi utilizada durante todo o experimento. As eficiências da alimentação e ruminação da matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro (FDN) em kg/h foram calculadas dividindo-se a ingestão de cada nutriente pelo tempo total de alimentação e tempo de ruminação. E também foi avaliado o tempo total de mastigação. As variáveis referentes ao comportamento ingestivo foram obtidas pelas relações:

$$EAL = CMS/TAL; CFDN/TAL$$

$$ERU = CMS/TRU; CFDN/TRU$$

$$TMT = TAL + TRU;$$

Onde: EAL (gMS/h) é a eficiência de alimentação; CMS (gMS/dia) é o consumo de MS; TAL (h/dia) é o tempo de alimentação; ERU (g MS/h) é a eficiência de ruminação; TRU (h/dia) é o tempo de ruminação; TMT (h/dia) é o tempo de mastigação total; BOL (Nº/dia) é o número de bolos ruminais; MMtb (seg/bolo) é o tempo de mastigações meréricas por bolo ruminal (Polli et al., 1996); e MMnb (Nº/bolo) é o número de mastigações meréricas por bolo.

Para avaliação dos parâmetros séricos foram colhidos 4 mL de sangue por punção da veia jugular nos animais de cada tratamento antes da alimentação, no 19º e 57º dia experimental, a colheita do sangue foi por meio de seringas de 5 mL, que foram transferidos para tubos sem anticoagulante, previamente identificados e em seguida passaram por processo de centrifugação (centrifuge model 90-1, Coleman Equipamentos para Laboratório Comp. E Imp. Ltda, Brasil) a 3000 rpm/15 min, no qual após a obtenção do soro, o material foi armazenado em microtubos identificados e congelados a -20 °C. Posteriormente, as concentrações plasmáticas foram mensuradas em Analisador Bioquímico Automático (Cobas C111, Roche), através de ensaios enzimáticos ou colorimétricos em kits específicos de ureia

(URE) UV cinético (urease e gluatamato desidrogenase), proteínas totais (PT) colorimétrico (reação de biureto), albumina (ALB) colorimétrico (verde bromocresol - BCG), colesterol (COL) cinético (colesterol oxidase (CHOD)-PAP), triglicerídeos (TRI) cinético (glicerol-3-fosfato oxidase -GPO-PAP), os eletrólitos cloro (Cl), sódio (Na) e potássio (K) por eletrodo íon-seletivo (ISE) e os minerais cálcio (Ca) colorimétrico (o-cresolftaleína complexona), fósforo (P) colorimétrico (fosfomolidato) e magnésio (Mg) colorimétrico (azul de xilidil em solução alcalina contendo EGTA).

Os cabritos foram pesados individualmente no início e ao final do experimento, para determinar o ganho de peso médio diário (GMD) e o ganho de peso total (GT). As medidas de peso foram realizadas no período da manhã após um período de jejum contínuo de aproximadamente 16 horas.

O ganho de peso total (GT) foi obtido pela diferença entre o peso final (PF) e o peso inicial (PI): $GT = (PF - PI)$, e a estimativa do ganho de peso médio diário (GMD) foi obtida através da relação entre o GT e o total de dias referente ao período de confinamento até o abate: $GMD = GT/57$. A eficiência alimentar foi determinada utilizando o ganho de peso médio diário (GMD) dividido pelo consumo de matéria seca (CMS).

Experimento II: Digestibilidade e balanço de nitrogênio (N)

2.5 Animais, tratamentos e delineamento

Foram utilizados 12 cabritos mestiços de Boer, machos, não castrados, com peso médio de $21,9 \pm 1,5$ kg e quatro meses de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 3 repetições. Antes de iniciar o experimento os animais foram identificados, vacinados contra clostridioses, vermifugados e alojados em gaiolas metabólicas, equipadas com comedouros e bebedouros. O período experimental teve um total de 21 dias de duração, incluindo 14 dias de adaptação dos animais as instalações e dietas experimentais, sendo 7 dias para coletas de amostras de sobras, urina e fezes. As dietas experimentais foram as mesmas utilizadas no experimento I (Tabela 1).

2.6 Digestibilidade dos nutrientes e balanço de nitrogênio (N)

Para determinar a digestibilidade dos nutrientes foram coletados alimentos, sobras e fezes com coleta total nas gaiolas metabólicas, durante 7 dias. Para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente foi utilizada a equação: $CD = [(g \text{ do nutriente ou fração analítica ingerida} - g \text{ do nutriente ou fração analítica excretada nas fezes}) / (g \text{ do nutriente ou fração analítica ingerida})] \times 100$.

As coletas de amostras das sobras e fezes foram obtidas diariamente, das gaiolas durante 7 dias consecutivos, ao final do período de coleta, foi realizada uma amostragem composta das amostras de cada animal, aos quais foram identificadas e em seguida congeladas (somente as fezes) e, depois, pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C e moídas em moinho de facas tipo Willey (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com peneira de 1 mm de diâmetro, para as posteriores análises. A estimativa de consumo de nutrientes digestíveis totais (CNDT) foi obtida a partir da diferença entre o consumido e o recuperado nas fezes de cada nutriente, com base na matéria seca, conforme a equação de Sniffen et al. (1992): $CNDT \text{ (kg)} = (PB \text{ digestível}) + (2,25 \times EE \text{ digestível}) + (CNF \text{ digestível}) + (FDN \text{ digestível})$. Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos a partir da seguinte equação: $NDT \text{ (g/kg)} = (\text{Consumo de NDT} / \text{Consumo de MS}) \times 100$.

O conteúdo de nitrogênio (N) das amostras da dieta fornecida, urina e fezes coletadas foi determinado pelo (método 981.10) de acordo com AOAC (2012). Foram obtidas coletas totais de urina em baldes contendo ácido sulfúrico (H₂SO₄) a 0,036 N, durante 7 dias, sendo a urina homogeneizada, e em seguida, filtrada uma alíquota de 10 ml de cada animal, ao qual foram adicionadas e identificadas em frascos, e por fim, armazenadas a -10° C para análises posteriores. O balanço de nitrogênio, expresso em quantidades diárias de compostos nitrogenados, foi calculado pela equação: $N \text{ retido (g/dia)} = N \text{ ingerido (g/dia)} - N \text{ fecal (g/dia)} - N \text{ urinário (g/dia)}$.

Experimento III: Parâmetros ruminais e contagem de protozoários

2.7 Parâmetros ruminais e contagem de protozoários

Para a avaliação dos parâmetros ruminais foram utilizados 4 ovinos, adultos, machos, castrados da raça Santa Inês com $30,4 \pm 6$ kg, fistulados e canulados no rúmen, alojados em baias individuais providas de comedouro e bebedouro em galpão aberto e distribuídos em um

delineamento quadrado latino (4×4). Os animais foram submetidos ao período experimental de 52 dias, divididos em 4 períodos, aos quais foram compostos por 10 dias para adaptação do consumo dos animais às dietas, e 3 dias de coletas, totalizando 13 dias por período. Durante os dias de coleta, o líquido ruminal de cada animal foi coletado, 4 horas após o fornecimento da dieta.

O líquido ruminal foi coletado manualmente, em diferentes locais do rúmen através da fistula, obtendo-se uma amostra de aproximadamente 200 mL, após a coleta o líquido passou por um processo de filtração, sendo coado em panos de algodão, imediatamente o líquido obtido foi submetido a análise de pH e temperatura, com auxílio de um potenciômetro digital portátil, previamente calibrado e em seguida armazenados em recipientes (potes coletores de 20 mL) em ácido metafosfórico a 20% na proporção 1:1, sendo previamente identificados, congelados e posteriormente foram submetidos à análise de nitrogênio amoniacal (N-NH₃), pelo método da destilação de *Kjeldahl* de acordo com AOAC (2012).

A contagem de protozoários do líquido ruminal foi realizada conforme a metodologia proposta por Dehority (1977). As análises de contagem dos protozoários foram realizadas no Laboratório de Reprodução Animal do Hospital Veterinário da Universidade de Campina Grande CSTR/UFCCG, Patos, Paraíba, Brasil.

Para realização da contagem foi armazenado em frascos tipo *Eppendorf* previamente identificados, 2 mL do inóculo filtrado e 4 mL de solução de M.S.F. (formaldeído a 35%, verde de metila e cloreto de sódio). As amostras inicialmente foram homogeneizadas por meio de um agitador magnético, em seguida foram pipetadas 10 µL em cada área de contagem da câmara de Neubauer e posta uma lamínula para melhor visualização dos protozoários. A leitura procedeu-se em microscópio óptico (Lumen) em aumento de 40× no campo C, nos quais foram realizadas 4 leituras do campo C, sendo 2 em cada quadrante. Os resultados da contagem de protozoários foram calculados pela fórmula:

$$N \times 3 \times 10.000 = np/1\text{mL}$$

Em que, N: média das leituras dos quadrantes C (maiúsculo) em mL; 3: diluição do inóculo; 10.000: constante; np: número de protozoários.

2.8 Análises químicas

Para realização das análises de composição química, as amostras foram pré-secas em estufa de circulação forçada de ar a 55 °C durante 72h, moídas em moinho tipo Willey (Tecnal, Piracicaba, São Paulo, Brasil) com um crivo de 1 mm e armazenadas em recipientes plásticos

herméticos. As análises da composição dos ingredientes das dietas experimentais, sobras e fezes foram realizadas conforme AOAC (2012) para determinação dos teores de matéria seca (MS, método 967.03), matéria mineral (MM, método 942.05), proteína bruta (PB, método 981.10) e extrato etéreo (EE, método 920.29).

Para a determinação da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), as metodologias descritas por Van Soest et al. (1991) foram utilizadas. Para a análise da FDN, foram adicionadas três gotas (50 µL) de α -amilase por amostra na lavagem com o detergente, como também na água. O teor de FDN foi corrigido para cinzas e proteínas (NDF_{ap}), seguindo a metodologia descrita por Licitra et al. (1996), onde o resíduo detergente neutro foi queimado em um mufla a 600 °C por 4 h, e a correção para a proteína foi realizada descontando a proteína insolúvel em detergente neutro. A lignina foi determinada conforme metodologia descrita por Detmann et al. (2012), a partir do tratamento do resíduo de FDA com ácido sulfúrico a 72%.

O fracionamento dos carboidratos foi obtido conforme Sniffen et al. (1992). Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados pela equação: $100 - (\%FDN + \%PB + \%EE + \%cinzas)$, de acordo com Mertens (1997). Para o tratamento 1, devido à presença de uréia em sua constituição, o teor de CNF foi calculado conforme proposto por Hall (2000), sendo $CNF = 100 - [(\%PB - \%PB \text{ derivado da uréia} + \text{peso \% da uréia}) + \%FDN_{ncp} + \%EE + \%cinzas]$.

2.9 Análise estatística

O delineamento experimental do primeiro experimento foi o de blocos ao acaso, sendo o peso inicial dos animais o critério para formação dos blocos. Os dados obtidos foram analisados utilizando-se o procedimento MIXED do SAS 9.4 considerando efeitos aleatórios as variáveis bloco e bloco x tratamento de acordo com o seguinte modelo:

$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \tau\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$, onde:

y_{ij} = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento i , repetição j ; μ = média geral comum a todas as observações; τ_i = efeito do tratamento i ; β_j = efeito do bloco j ; $\tau\beta_{ij}$ = efeito de interação do tratamento i e do bloco j ; ϵ_{ijk} = erro aleatório.

O segundo experimento das (gaiolas metabólicas) foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições (animais). O seguinte modelo estatístico foi usado:

$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$, onde:

Y_{ij} = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento i , repetição j ;
 μ = média geral comum a todas as observações;

τ_i = efeito do tratamento i;

ε_{ij} = erro aleatório com média 0 e variância σ^2

O terceiro experimento da avaliação dos (parâmetros ruminais), foi em delineamento quadrado latino (4×4) com quatro animais fistulados e quatro períodos de coleta. O seguinte modelo estatístico foi usado:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk}, \text{ onde:}$$

Y_{ij} = valor observado na unidade experimental que recebeu o tratamento i, na linha j e coluna k;

μ = média geral comum a todas as observações;

τ_i = efeito do tratamento i;

α_j = efeito da linha j;

β_k = efeito da coluna k;

ε_{ij} = erro aleatório

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo comando PROC GLM, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey por meio do pacote estatístico SAS (SAS University Edition). Diferenças foram consideradas significativas quando inferiores ao nível de 5% ($P < 0,05$).

3. Resultados

3.1 Consumo de nutrientes, digestibilidade aparente e balanço de nitrogênio (N)

A substituição do milho moído por silagem de milho umidificado na dieta influenciou o consumo de nutrientes (Tabela 2). O consumo de MS foi maior para a SMUM ($P = 0,004$) quando comparado ao SMUS. O consumo de PB foi maior para MMS, SMUM e SMUA em comparação a SMUS ($P = 0,005$) e o consumo de FDN para o SMUS foi menor quando comparado ao MMS, SMUM e SMUA ($P = 0,0002$).

Tabela 2. Consumo, digestibilidade de nutrientes e balanço de nitrogênio de caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.

Variáveis	Tratamentos				EPM ^a	P-valor ^b
	MMS	SMUA	SMUM	SMUS		
Consumo (g/d)						
Matéria seca	901ab	879ab	942a	829b	0,06	0,004
Proteína bruta	147a	138ab	144a	130b	0,01	0,005
Fibra em detergente neutro	340a	294bc	335ab	267c	0,03	0,0002
Digestibilidade (%)						
Matéria seca	75,7	74,2	74,4	73,9	0,631	0,620
Proteína bruta	73,0	72,0	74,5	69,6	0,887	0,361
Fibra em detergente neutro	68,6	59,3	61,2	58,4	1,685	0,094
Balanço de Nitrogênio (N) (g/d)						
N ingerido	25,9	24,5	27,3	26,5	0,542	0,295
N-fecal excretado	3,0	2,9	2,7	3,1	0,799	0,069
N-urinário excretado	10,5a	5,5b	5,7b	4,4b	0,054	0,014
Balanço de N	12,4c	16,0b	18,9a	18,0ab	0,897	0,008

^a Erro padrão da média.

^b Significativo quando p-valor for menor que 0,05 ($P < 0,05$).

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

^c Consumo de matéria seca.

Não houve diferença significativa para as digestibilidades da MS ($P > 0,05$), PB ($P = 0,363$) e FDN ($P = 0,094$). A SMUM, SMUS e SMUA apresentaram balanço de N semelhantes ($P = 0,008$) e o N-urinário excretado foi semelhante para a SMUA, SMUM e SMUS. O tratamento de MMS apresentou o menor balanço de N e o maior N-urinário excretado ($P = 0,014$). Não houve diferença significativa no N ingerido ($P > 0,05$) e no N-fecal excretado ($P > 0,05$).

3.2 Comportamento ingestivo

Não houve efeito do tipo de aditivo (água, mucilagem de palma forrageira e soro de leite) adicionado a silagem de grão de milho moído sobre os tempos despendidos para ingestão ($P > 0,05$), ruminação ($P > 0,05$), ócio ($P > 0,05$) e eficiências de ingestão e ruminação de matéria seca, e eficiência da ingestão e ruminação da fibra em detergente neutro, como também para a mastigação merícica ($P > 0,05$) (Tabela 3).

Tabela 3. Comportamento ingestivo em caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos.

Variáveis	Tratamentos				EPM	P-valor
	MMS	SMUA	SMUM	SMUS		
Ruminação (min/dia)	330	344	352	320	25,805	0,8530
Ingestão (min/dia)	242	235	230	221	19,765	0,9562
Ócio (min/dia)	868	862	858	899	34,420	0,8564
Eficiência (g/h)						
Ingestão de MS	240	238	252	235	19,684	0,8695
Ingestão de FDN	90	80	89	75	10,453	0,5423
Ruminação de MS	168	157	178	158	12,830	0,9202
Ruminação de FDN	63	53	63	51	6,953	0,4283
Mastigação						
Quantidade (g de MS/bolo)	2,48	2,07	2,13	2,15	0,161	0,2948
Bolos ruminados (nº/dia)	377	444	472	402	33,91	0,2369
TMT (min/dia)	571	571	585	537	34,51	0,7832

Significativo quando p-valor for menor que 0,05 ($P < 0,05$).

EPM: erro padrão da média.

MS: matéria seca e FDN fibra insolúvel em detergente neutro.

TMT: Tempo de mastigação total.

3.3 Desempenho

A substituição do milho moído por silagem de milho umidificado na dieta influenciou o desempenho animal (Tabela 4) com maior peso corporal final ($P = 0,033$) para a SMUM. O ganho de peso total ($P = 0,004$) e ganho médio diário ($P = 0,039$) foram maiores para a SMUM e MMS. Não houve efeito entre tratamentos sobre a eficiência alimentar dos cabritos ($P > 0,05$).

Tabela 4. Desempenho em caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.

Variáveis	Tratamentos				EPM ^a	P-valor ^b
	MMS	SMUA	SMUM	SMUS		
Peso corporal inicial (kg)	16,76	16,41	16,89	16,52	1,727	0,930
Peso corporal final (kg)	26,43 ^{cb}	24,74 ^c	27,64 ^{ab}	25,33 ^c	1,540	0,033
Ganho de peso total (kg)	9,68 ^{ab}	8,68 ^{bc}	10,58 ^a	8,34 ^c	0,417	0,004
Ganho médio diário (g)	169,79 ^{cb}	152,85 ^c	185,23 ^{ab}	154,73 ^c	8,966	0,039
Eficiência alimentar	0,19	0,18	0,20	0,19	0,007	0,610

^a Erro padrão da média.

^b Significativo quando p-valor for menor que 0,05 ($P < 0,05$).

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

^c Consumo de matéria seca.

3.4 Parâmetros sanguíneos

A substituição do milho moído por silagem de milho umidificado nas dietas influenciou os parâmetros sanguíneos (Tabela 5). Foi observada diferença estatística entre os tratamentos, com maiores concentrações de albumina observadas para SMUM, SMUA e MMS ($P= 0,0045$) em relação ao SMUS. Enquanto, verificou-se a maior concentração de cloro para os tratamentos de MMS, SMUM e SMUA ($P= 0,0496$) em relação ao SMUS. Não houve diferença significativa entre os tratamentos ($P>0,05$), para as concentrações plasmáticas de proteína total (PT), uréia (URE), colesterol (COL), triglicerídeos (TRI), os eletrólitos potássio (K), sódio (Na) e os minerais cálcio (Ca), fósforo (P) e magnésio (Mg).

Tabela 5. Metabólitos sanguíneos em caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.

Variáveis	Tratamentos				EPM	P-valor
	MMS	SMUA	SMUM	SMUS		
Albumina (g/dL)	3,68ab	3,69ab	3,92a	3,39b	0,09	0,0045
Proteínas totais (g/dL)	5,96	5,77	5,92	5,78	0,19	0,8309
Ureia (mg/dL)	50,5	44,2	48,5	42,7	2,62	0,1558
Colesterol (mg/dL)	107	98,9	97,7	95,6	6,91	0,4421
Triglicerídeos (mg/dL)	36,8	32,3	31,6	30,4	3,82	0,4438
Cálcio (mg/dL)	6,24	6,15	5,96	5,21	0,16	0,6190
Fósforo (mg/dL)	5,69	5,91	5,90	5,58	0,29	0,8284
Cloro (mmol/L)	102a	98,1ab	99,2ab	96,4b	1,43	0,0496
Potássio (mmol/L)	4,40	4,77	4,63	4,92	0,18	0,2924
Magnésio (mmol/L)	1,23	1,37	1,29	1,43	0,10	0,1737
Sódio (mmol/L)	137	137	138	138	2,45	0,9755

Significativo quando p-valor for menor que 0,05 ($P<0,05$).

EPM: erro padrão da média.

3.5 Parâmetros ruminais

As dietas experimentais influenciaram os parâmetros ruminais (Tabela 6), onde observa-se menor concentração de nitrogênio amoniacal $N-NH_3$ no líquido ruminal para o tratamento SMUS em comparação ao MMS e a SMUM ($P= 0,0067$). O tratamento de MMS e a SMUA apresentaram maior número de população de protozoários quando comparados a SMUM ($P= 0,0150$) que apresentou menor número de protozoários. Não houve diferença significativa do pH e temperatura do líquido ruminal entre os tratamentos ($P>0,05$).

Tabela 6. Parâmetros ruminiais em caprinos alimentados com dietas à base de silagem de grãos de milho umidificado com diferentes aditivos úmidos.

Variáveis	Tratamentos				EPM	P-valor
	MMS	SMUA	SMUM	SMUS		
pH	6,23	6,11	5,92	6,22	0,122	0,4957
Temperatura °C	34,1	34,2	34,0	34,1	0,478	0,9806
Protozoários $\times 10^5$ /mL	11,6a	11,5a	9,62b	10,1ab	1,319	0,0150
N-NH ₃ mg/mL	27,9a	20,6ab	25,7a	11,9b	3,443	0,0067

Significativo quando p-valor for menor que 0,05 (P<0,05).

EPM: erro padrão da média.

N-NH₃: Nitrogênio amoniacal mg/mL

Contagem de protozoários ($\times 10^5$ /mL) do líquido ruminal.

4. Discussão

O consumo de matéria seca (CMS) observada entre os tratamentos, foi bem semelhante para a SMUM (942 g/d), MMS (901 g/d) e SMUA (879 g/d), no entanto, para os animais alimentados com a SMUM, a adição de palma forrageira como aditivo úmido aumentou de forma significativa o CMS (942 g/d) em comparação ao grupo alimentado com a SMUS (829 g/d). A palma forrageira é um alimento, que possui alta aceitabilidade pelos animais, levando a um aumento no consumo de dietas que possuam essa forrageira em sua composição (Almeida, 2012), e esse aumento tem relação com o teor de Carboidratos não fibrosos (CNFs) presente na palma, ao qual atribui palatabilidade a mesma (Santos et al., 1992; Santos et al., 2001; Neto et al., 2016), que pode ter sido o principal fator responsável pelo maior CMS, para os animais que receberam essa silagem em comparação aos que receberam a SMUS. No entanto, o preconizado pelo NRC (2007), é de 530 g/dia, e foram observados CMS acima do estimado para todos os tratamentos.

O consumo de proteína bruta (PB) foi maior para o MMS (147 g/d), SMUM (144 g/d) e SMUA (138 g/d) em comparação a SMUS (130 g/d) e o consumo de FDN para o SMUS (267 g/d) foi menor quando comparado ao MMS (340 g/d), SMUM (335 g/d) e SMUA (294 g/d). O menor consumo de matéria seca (MS) e proteína bruta (PB) observado para a SMUS pode estar relacionado com o CMS que foi menor para os animais alimentados com esse tratamento. O soro de leite bovino é um subproduto que pode ser adicionado às dietas de pequenos ruminantes por possuir importantes nutrientes, como lactose e proteínas solúveis (Costa et al., 2010), e a lactose presente no soro de leite é considerada um palatibilizante, ao qual, estimula o consumo da ração (Bertol et al., 200). Porém, o soro de leite *in natura*, apresenta menor palatabilidade, em contraste ao soro de leite em pó que é uma alternativa com maior palatabilidade (Serafim et al., 2017), então, como o soro *in natura* quando misturado a silagem de grão milho moído

mudou o aspecto físico da silagem, é possível que provavelmente tenha alterado a palatabilidade também, assim, pode ter influenciado no CMS pelos animais, já que fatores ligados aos alimentos como (palatabilidade, textura e aparência visual) e fatores ligados ao animal (estresse e fator emocional) podem interferir no consumo de alimento (Mertens, 1994).

O soro do leite *in natura* pode interferir no consumo de alimentos, o que está diretamente relacionado ao comportamento ingestivo (Chase et al., 1976). Diversos fatores podem afetar o consumo voluntário de MS. Existem teorias baseadas no enchimento do rúmen, fatores de resposta metabólica, no consumo de oxigênio e cada teoria possui sua aplicabilidade em determinadas condições (NRC, 2001). A regulação da digestão envolve sinais de fome e saciedade que opera por meio de vários mecanismos hormonais e neurais para controlar a ingestão voluntária. O papel dominante da regulação fisiológica e limitação física da ingestão é modificado por estímulos relacionados à palatabilidade, estado de saúde e manejo alimentar (Mertens, 1994).

Porém, não houve variação em relação a digestibilidade da matéria seca (MS), proteína bruta (PB) e fibras em detergente neutro (FDN) para os tratamentos utilizados ($P>0,05$), pois a diferença no CMS da dieta observada para os animais alimentados com a SMUM, em comparação ao menor CMS observada para a SMUS pode não estar relacionada diretamente a digestibilidade dos nutrientes, mas sim, com a fermentação dos produtos da mucilagem da palma forrageira, que podem influenciar na aceitabilidade do alimento (Albuquerque et al., 2020; Nobre et al., 2018), ao qual está relacionada ao teor CNFs, possibilitando assim um fácil consumo pelos animais (Almeida, 2012).

Além disso, vários fatores influenciam a digestibilidade dos nutrientes, como a composição dos ingredientes e da ração fornecida aos animais, o modo de preparo dos alimentos e também fatores relacionados aos animais e seu estado nutricional, entre outros. E um dos fatores importantes que poderia influenciar a digestibilidade dos nutrientes seria a composição nutricional, já que, a diferença no CMS não influenciou, porém, a composição nutricional entre as dietas, é bem semelhante (Torres et al., 2009), o que explicaria, a digestibilidade dos nutrientes não ter sido influenciada.

O melhor desempenho animal foi observado para os animais alimentados com os tratamentos da SMUM e MMS em relação aos demais tratamentos, ao qual, pode ser consequência do melhor consumo de nutrientes pelos animais, que promoveu melhor ganho de peso médio diário para a SMUM (185,23 g) e MMS (169,79 g), ganho de peso total para a SMUM (10,58 kg) e MMS (9,68 kg) e peso corporal final para a SMUM (27,64 kg) e MMS (26,43 kg) dos cabritos em confinamento.

O melhor desempenho dos cabritos que se alimentaram com o tratamento que contém o aditivo úmido de palma forrageira a SMUM, está associado ao fato de que a mistura da mucilagem de palma forrageira com os outros ingredientes na dieta, promove um aumento no consumo, bem como também melhora a ingestão equilibrada de fibras, pois durante a homogeneização da ração, ocorre a aderência da fonte fibrosa e do concentrado com a mucilagem da palma, dessa forma diminui a possibilidade de os animais selecionarem os ingredientes mais palatáveis (Souza et al., 2010).

A ausência de efeito sobre o comportamento ingestivo ($P>0,05$) dos cabritos pode ser atribuída a similaridade do teor de FDN das dietas. Segundo Van Soest (1994) o tempo gasto na ruminação é determinado pela composição da dieta e é proporcional à quantidade de parede celular da forragem. No entanto, a necessidade de mastigação também é influenciada pela quantidade de alimento indigesto ou de difícil redução de tamanho de partícula (Mertens, 1997). E, de acordo com Reid et al (1988) a resistência da matéria à redução de partícula está relacionada ao teor de FDN das forragens. E, apesar de, mesmo o consumo de FDN observado tenha mostrado diferença significativa entre os tratamentos, onde os maiores consumos foram observados para o tratamento de MMS (340 g/d) e da SMUM (335 g/d), ainda assim, a quantidade ingerida não influenciou o comportamento ingestivo dos animais.

Com relação ao balanço de nitrogênio, observou-se que em todos tratamentos, MMS, SMUM, SMUS e SMUA não houve diferença em relação ao N-ingerido ($P>0,05$) e N-fecal excretado ($P>0,05$), porém, apresentou uma baixa eliminação de N-urinário que foi observada para os tratamentos da SMUA (5,5 g/d) SMUM (5,7 g/d) e SMUS (4,4 g/d) e o maior balanço de nitrogênio foi verificado nestes mesmos tratamentos, onde a SMUA (16,0 g/d) SMUM (18,9 g/d) e SMUS (18,0 g/d). A diferença do aproveitamento pode ser verificada ao compararmos os resultados mencionados anteriormente para os grupos de animais alimentados com os tratamentos com os aditivos úmidos SMUA, SMUM e SMUS com o grupo de animais alimentados com o MMS, no qual não apresentaram diferença entre o N-ingerido entre os tratamentos ($P>0,05$), ou seja, a ingestão foi semelhante para todos o grupos, apesar disso, o tratamento do MMS apresentou maior eliminação de N-urinário (10,5 g/d) e menor balanço de nitrogênio (12,4 g/d) em comparação aos demais tratamentos, demonstrando perdas consideráveis do N-ingerido pelos animais do grupo de MMS.

Os resultados de ingestão e excreção de nitrogênio possivelmente determinaram o valor máximo observado para o balanço de nitrogênio, para os tratamentos da SMUA (16,0 g/d) SMUM (18,9 g/d) e SMUS (18,0 g/d) demonstrando que nestes tratamentos houve melhor aproveitamento de nitrogênio. O balanço de nitrogênio positivo, proporcionado pelas dietas

indica maior ingestão de N em relação a excreção. A ingestão de nitrogênio superior a excreção de nitrogênio pelas fezes, indica o balanceamento adequado das dietas (Pereira et al., 2021), o que foi observado para todos tratamentos. Enquanto, que o sincronismo entre proteína e energia reflete em menores excreções de nitrogênio (Alves, et al., 2010; Ma et al., 2015), tal como, observado para os tratamentos com os aditivos úmidos. Com isso, indicando que ocorreu um aumento na eficiência de utilização dos compostos nitrogenados, que estão diretamente relacionados às fontes de amido e de proteína bruta (PB) da dieta.

A maior concentração de albumina (ALB) observada no sangue dos cabritos entre os tratamentos SMUM (3,92 g/dL), SMUA (3,69 g/dL) e MMS (3,68 g/dL) em comparação a SMUS (3,39 g/dL) que pode ser atribuída, a maior ingestão de proteína, pois segundo Kanani, (2019) o aumento na concentração sérica de albumina, está relacionada ao aumento da ingestão de proteína ou degradação do músculo esquelético. Uma vez que, os tratamentos que apresentaram o maior consumo de PB foram o tratamento de MMS (147 g/d), SMUM (144 g/d) e SMUA (138 g/d) em comparação ao tratamento da SMUS (130 g/d), elevando assim os níveis séricos de albumina no sangue dos animais em decorrência da dieta, já que, a albumina é um indicador de tempo prolongado do status proteico (Gonzalez e Scheffer, 2003). No entanto, mesmo com o aumento na concentração de ALB, todos os tratamentos mantiveram os níveis de ALB dentro dos valores de referência, que varia de 2,7-3,9 g/dL (Kaneko et al., 2008). Segundo Wittwer et al. (1993) a albumina é considerada o indicador mais sensível para determinar o estado nutricional proteico, de modo que valores dentro dos indicativos de referência, podem apresentar um consumo proteico mais adequado com atendimento da necessidade de aminoácidos.

Também foi observada diferença significativa entre os tratamentos, com relação as concentrações nos níveis de cloro (Cl), no qual, a maior concentração foi observada para os animais alimentados com os tratamentos de MMS (102 mmol/L), SMUM (99,2 mmol/L) e SMUA(98,1 mmol/L) em relação ao SMUS (96,4 mmol/L), ainda assim, os níveis de cloro (Cl) não ultrapassam os valores de referência preconizados por (Kaneko et al., 2008), que conferem entre 99-110,3 mmol/L. Não foram observadas diferenças significativas nos valores de sódio (Na) entre os tratamentos, entretanto, os valores obtidos em todos os tratamentos MMS (137 mmol/L), SMUA (137 mmol/L) e SMUM (138 mmol/L) e SMUS (138 mmol/L), apresentaram-se abaixo dos valores tomados como referência de 142-155 mmol/L (Kaneko et al., 2008).

O sódio (Na) juntamente com o cloro (Cl) trabalham em conjunto com a função de manter a pressão osmótica e regular o equilíbrio ácido-base. Estes minerais estão envolvidos na transmissão dos impulsos nervosos, bem como, no metabolismo da água e na absorção dos

nutrientes (Conrad et al., 1985; Gonzáles et al., 2000). E a depleção de sódio, não necessariamente é o resultado da deficiência de sódio (Na) da dieta, porém a baixas concentrações de sódio (Na) pode está relacionada a perdas excessivas de sódio pelos animais como doença renal crônica, perdas de sódio no leite, vômito, diarreia, ou seja, a perda de fluido pode ocasionar a diminuição nas concentrações plasmáticas de sódio (Kaneko et al., 2008), pois esses fluidos têm uma composição eletrolítica que se relaciona com o equilíbrio acido-base e suas perdas podem gerar alterações. De acordo com Conrad et al (1985) as deficiências em sódio (Na) são mais prováveis de acometer animais em lactação, em crescimento e em condições tropicais e semiáridas onde ocorre grandes perda de água e sódio (Na) pelo suor.

Sobre os parâmetros ruminais, a concentração do nitrogênio amoniacal $N-NH_3$ no rúmen é importante para o crescimento microbiano e depende em grande parte do substrato e da fermentação da matéria orgânica (MO) presente no rúmen (Conceição et al., 2018), sendo indispensável para mensurar o balanceamento e eficiência da dieta.

As maiores concentrações de nitrogênio amoniacal $N-NH_3$ observadas para os tratamentos de MMS (27,9 mg/ 100mL) e a SMUM (25,7 mg/ 100mL), está relacionado ao consumo de proteína (PB), nestes tratamentos, pois conforme Van Soest (1994) as fontes e a quantidade de carboidratos e nitrogênio na dieta podem determinar a concentração de $N-NH_3$ no rúmen, uma vez que a capacidade de síntese de proteínas da utilização de bactérias e amônia depende da taxa de fermentação de carboidratos. Visto que, os tratamentos de MMS (147 g/d) e SMUM (144 g/d) apresentaram o maior consumo de proteína (PB), em comparação a SMUS (130 g/d). Sendo assim, o maior consumo de proteína (PB) conseqüentemente influenciou o aumento da concentração de nitrogênio amoniacal $N-NH_3$ no rúmen. Além de que, no tratamento da SMUM a alta quantidade de energia fornecida pela palma forrageira devido seu alto teor de Carboidratos não fibrosos (CNF) presente no rúmen pode ter favorecido o aumento do $N-NH_3$.

Como discutido anteriormente, a concentração de $N-NH_3$ aumentou devido ao maior consumo de PB, e observa-se o inverso para a SMUS (130 g/d), ao qual apresentou o menor consumo de PB e conseqüentemente resultando na menor concentração média de $N-NH_3$ SMUS (11,9 mg/ 100mL) em comparação ao MMS (27,9 mg/ 100mL) e a SMUM (25,7 mg/ 100mL). Entretanto, a diminuição de $N-NH_3$ ruminal tem sido relatada quando diferentes fontes de açúcares, como sacarose e lactose foram adicionadas às dietas de ruminantes (Sannes et al., 2002; DeFrain et al., 2006; Broderick et al., 2008). O soro de leite é um subproduto do processamento do queijo, contendo a metade de extrato seco do leite, representado por lactose, proteínas solúveis e sais minerais (Santos et al., 2006) sendo em média 5% de lactose contida

no soro de leite (Gajo et al., 2016; Ravelo et al., 2022), posto isso, sugere-se que possa ter havido uma maior oferta de proteína ruminalmente degradável e, portanto, maior síntese de proteína microbiana a partir da lactose (DeFrain et al., 2006), deste modo, diminuindo a concentração de N-NH₃ no rúmen.

Por outro lado, é necessária uma quantidade mínima de N-NH₃ para o crescimento microbiano adequado. Pois, as baixas concentrações de N-NH₃ no rúmen limitam a atividade das bactérias celulolíticas, reduzindo a síntese microbiana. De acordo com Detmann et al. (2009) é fundamental no mínimo, 8 mg/ 100 mL de N-NH₃ para evitar essa ocorrência. Todos os tratamentos apresentaram N-NH₃ ruminal superior ao valor supracitado, não interferindo na síntese microbiana. E ainda, de acordo com Leng (1990) a quantidade mínima de N amoniacal necessária para o crescimento microbiano máximo varia de 10 a 20 mg /100 mL. No entanto, manteve-se de acordo com Mehrez e Orskov (1977), que sugeriram uma concentração de 23,0 mg/ 100mL para que ocorra máxima taxa de fermentação. Portanto, as dietas experimentais propiciaram quantidades adequadas de N-NH₃ para o crescimento dos microrganismos.

Os resultados indicam que o tratamento de MMS ($11,6 \times 10^5$ /mL) e a SMUA ($11,5 \times 10^5$ /mL) e a SMUS ($10,1 \times 10^5$ /mL) favoreceram o maior crescimento da população de protozoários no ambiente ruminal. Dado que, o processamento do grão de milho de forma geral, favorece o crescimento da população de protozoários na microbiota do rúmen, pois após o processamento do milho, seja inteiro, moído, ou silagem de milho umidificado, em decorrência do processamento ocorre a maior disponibilidade do amido (Oliveira et al., 2015).

Em contrapartida, a SMUM ($9,62 \times 10^5$ /mL) apresentou menor número de protozoários dentre os tratamentos, que possivelmente pode está relacionado ao leve decréscimo do pH ruminal (5,92) verificado para esse tratamento. Não foram observadas diferenças significativas para o pH ruminal após 4 horas de alimentação entre os tratamentos, porém o pH da SMUM demonstrou-se abaixo de 6 ao qual influencia diretamente na população de protozoários. A palma forrageira apresenta em torno de 59,5% dos carboidratos com rápida e mediana degradabilidade e somente 4,4% estão indisponíveis. A palma apresenta ainda 12,9% de amido, valor relativamente alto para as forragens em geral. Esse alto percentual de carboidratos de rápida digestão, provavelmente, aumentou a atividade microbiana e a concentração de AGVs, resultando na queda do pH (Bispo et al., 2007), além de que, quando dietas ricas em concentrados são fornecidas aos animais e o pH ruminal diminui abaixo de 6, o número de protozoários diminui (Franzolin e Dehority, 1996).

No entanto, a concentração total de protozoários encontrados nos tratamentos experimentais, está dentro dos valores normais que correspondem a 10^4 a 10^6 de protozoários/mL de conteúdo ruminal (Dehority, 1987; Kamra, 2005).

5. Conclusão

Recomenda-se a utilização dos aditivos úmidos água e mucilagem de palma forrageira, como alternativa viável de umidificantes para o grão de milho moído seco, por apresentar melhores resultados para o consumo de nutrientes, balanço de nitrogênio e desempenho animal, além disso, não modificam o comportamento ingestivo, parâmetros sanguíneos e ruminais que altere os valores de referências fisiológicas dos animais. Sendo recomendado o aditivo de maior disponibilidade na região para uso na alimentação de caprinos em crescimento.

Referências

- Almeida, R.F., 2012. Palma forrageira na alimentação de ovinos e caprinos no Semiárido Brasileiro. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 7, 8-14.
- Alves, E.M., Pedreira, M.S., Oliveira, C.A.S., Ferreira, D.N., Moreira, B.S., Freire, L.D.R., 2010. Importância da sincronização do complexo proteína/energia na alimentação de ruminantes. *Pubvet*. 4, 844-849.
- Albuquerque, I., Araújo, G., Santos, F., Carvalho, G., Santos, E., Nobre, I., Bezerra, L., Silva-Júnior, J., Silva-Filho, E., Oliveira, R., 2020. Performance, body water balance, ingestive behavior and blood metabolites in goats fed with Cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) silage subjected to an intermittent water supply. *Sustainability* 12, 2881. <https://doi.org/10.3390/su12072881>.
- Association of Official Agricultural Chemists (AOAC), 2012. *Official Methods of Analysis*, 19th edition. Association of Official Analytical Chemistry, Washington, DC, USA.
- Arcari, M.A., Martins, C.M.M.R., Tomazi, T., Gonçalves, J.L., Santos, M.V., 2016. Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow milk yield and nutrient digestibility. *Animal Feed Science and Technology*. 221,167-173. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.08.005>.
- Bertol, T.M., Filho, J.I.S., Ludke, J.V., 2000. Níveis de suplementação com lactose na dieta de leitões desmamados. *Revista Brasileira De Zootecnia*. 29,1387-1393.
- Bispo, S.V., Ferreira, M.A., Vêras, A.S.C., Batista, A.M.V., Pessoa, R.A.S., Bleuel, M.P., 2007. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36, 1902-1909. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982007000800026>.
- Broderick, G.A., Luchini, N.D., Reynal, S.M., Varga, G.A., Ishler, V.A., 2008. Effect on production of replacing dietary starch with sucrose in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 91, 4801-4810. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1480>.
- Chase, L.J.; Wangsness, P.J.; Baumgardt, B.R., 1976. Feed behavior of steers fed a complete mixed ration. *Journal of Dairy Science*. 59,1923-1928.
- Conceição, M.G., Ferreira, M.A., Silva, J.L., Costa, C.T.F., Costa, J.C.C., Monteiro, C.C.F., 2018. Can cactus (*Opuntia Stricta* [Haw]. Haw) cladodes plus urea replace wheat bran in steers' diets? *Asian – Australasian Journal of Animal Science*. 31, 1627-1634. <https://doi/10.5713 / ajas.17.0927>.
- Conrad, J.H., McDowel, L.R., Ellis, G. L., Loosli, J.K., 1985. *Minerais para ruminantes em pastejo em regiões tropicais*. Traduzido por Valéria Pacheco Batista Euclides – EMBRAPA – RS, Brasil, 97p.
- Costa, R.G., Filho, E.M.B., Medeiros, G.R., Villaroel, A.B.S., Santa Cruz, S.E.S.B., Santos, E.M., 2010. Substituição do leite de cabra por soro de queijo bovino para cabritos alpinos.

Revista Brasileira de Zootecnia. 39, 824-830. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000400018>.

- DeFrain, J.M., Hippen, A.R., Kalscheur, K.F., Schingoethe, D.J., 2006. Feeding lactose to increase ruminal butyrate and the metabolic status of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, 267-276. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72091-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72091-4).
- Dehority, B.A., 1977. Classification and Morphology of Rumen Protozoa. Department of Animal Science. Columbus: University of Ohio. 82p.
- Dehority, B.A., 1987. Rumen microbiology. Wooster: ohio state university. 239p.
- Detmann, E., Paulino, M.F., Mantovani, H.C., Valadares Filho, S.C., Sampaio, C.B., Souza, M.A., Lanzzarini, I., Detmann, K.S.C., 2009. Parameterization of ruminal fibre 51 degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. *Livestock Science*. 126:136 –146. <https://doi/10.1016/j.livsci.2009.06.013>.
- Detmann, E., Souza, M.A., Valadares Filho, S.C., Queiroz, C.A., Berchielli, T.T., Saliba, E.O.S., Azevedo, J.A.G., 2012. Métodos para análise de alimentos Visconde do Rio Branco, MG: suprema - Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia de Ciência Animal.
- Franzolin, D., Dehority, B.A., 1996. Effect of Prolonged High-Concentrate Feeding on Ruminal Protozoa Concentrations. *Journal Animal Science*. 74:2803–2809. <https://doi.org/10.2527/1996.74112803x>.
- Gajo, F.F.S., Gajo, A.A., Silva, R.B.V., Ferreira, E. B., 2016. Diagnosis of the whey destination in the mesoregion Campo das Vertentes, Minas Gerais, Brazil. *Revista do Instituto de Laticínios Candido Tostes*. 71:26-37.
- González, F.H.D., Barcellos, J., Patiño, H.O., Ribeiro, L.A., 2000. Perfil metabólico de ruminantes, seu uso em nutrição e doenças nutricionais. 108p.
- González, F.H.D., Scheffer J.F.S., 2003. Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional, in: González, F.H.D., Campos, R., Avaliação Metabólico-Nutricional de Vacas Leiteiras por Meio de Fluídos Corporais. Anais I Simpósio de Patologia da Região Sul do Brasil. 10, 73-89.
- Hall, M.B., 2000. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual. Gainesville: University of Florida. 42p.
- Huntington, G.B., Harmon, D.L., Richards, C.J, 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. *Journal of Animal Science*. 84, E14-E24. https://doi.org/10.2527/2006.8413_supplE14x.
- Johnson, T.R., Combs, D.K., 1991. Effects of prepartum diet, inert rumen bilk, dietary polyethylene glycol on dry matter intake of lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*. 74, 933-944. [https://doi.org/10.3168 / jds.S0022-0302 \(91\) 78243-X](https://doi.org/10.3168 / jds.S0022-0302 (91) 78243-X).
- Kamra, D.N., 2005. Rumen microbial ecosystem. *Current Science*. 89, 124-135.

- Kanani, M., Kargar, S., Zamiri, M.J., Ghoreishi, S.M., Mirzaei, M., 2019. Reciprocal combinations of alfalfa hay and corn silage in the starter diets of Holstein dairy calves: effects on growth performance, nutrient digestibility, rumen fermentation and selected blood metabolites. *The Animals Consortium*. 13, 2501-2509. <https://doi:10.1017/S1751731119000934>.
- Kaneko, J.J., Harvey, J.W., Bruss, M.L., 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. 6.ed. New York: Academic Press. 916p.
- Leng, R.A., 1990. Factors affecting the utilization of “poor-quality” forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews* 3, 277-303.
- Licitra, G., Hernandez, T.M., Van Soest, P.J., 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science Technology*. 57, 347-358. [https://doi.org/10.1016/0377-8401\(95\)00837-3](https://doi.org/10.1016/0377-8401(95)00837-3).
- Ma, T., Tu, Y., Zhang, N.F., Deng, K.D., Diao, Q.Y., 2015. Effect of the ratio of non-fibrous carbohydrates to neutral detergent Fiber and protein structure on intake, digestibility, rumen fermentation, and nitrogen metabolism in lambs. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 28, 1419-1426. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0025>.
- Mehrez, A.Z., Orskov, E.R., 1977. A Study of the Artificial Fibre Bag Technique for Determining the Digestibility of Feeds in the Rumen. *Journal of Agricultural Science*. 88, 645-650. <https://doi.org/10.1017/S0021859600037321>.
- Menezes, B.B., Morais, M.G., Batista, R.D.S., Maciel, D., Josias, R., Brixner, B.M., Godoy, C., 2017. Características estruturais do Grão de milho sobre a digestibilidade do amido em bovinos. *Anais da X Mostra Científica FAMEZ/ UFMS*. 10,155-163. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3674>.
- Mombach, M.A., Pereira, D.H., Pina, D.S.; Bolson, D.C., Pedreira, B.C., 2019. Silage of rehydrated corn grain. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 71, 959-966. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-9676>.
- Mertens, D.R., 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 80, 1463-1481. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(97\)76075-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(97)76075-2).
- Mertens, D.R., Regulation of forage intake in: Fahey, G.C., Colins, M., Mertens, D.R., Moser, L.E., 1994. Forage quality, evaluation and utilization. Madison: American Society of Agronomy Press. 450-493.
- Mourão, R.C., Pancoti, C.G., Moura, A.M., Ferreira, A.L., Borges, A.L.C.C., Silva, R.R., 2012. Processamento do milho na alimentação de ruminantes. *PUBVET*. 6, 1292.
- Neto, J.P., Soares, P.C., Batista, A.M.V., Andrade, S.F.J., Andrade, R.P.X., Lucena, R.B., Guim, A., 2016. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenilifera* Salm Dyck). *Pesquisa Veterinária Brasileira*. 36, 322-328. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2016000400012>.

- Nobre, I.S., Araújo, G.G.L., Santos, E.M., Carvalho, G.G.P., Souza, B.B., Ribeiro, O.L., Turco, S.H.N., Cavalcante, A.B., Albuquerque, I.R.R., 2018. Ingestive behavior and thermoregulation in sheep fed forage cactus silage undergoing intermittent water supply. *Semina: Ciências. Agrárias.* 39, 1683-1694. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n4p1683>.
- Nunes, F.C., Costa, T.F., Guimarães, M.A.B., Teixeira, P.C., Santos, L.P., Guimarães, K.C., 2020. Use of processed corn in ruminant diets: review. *Research, Society and Development.* 9, e188963674. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i6.3674>.
- National Research Council (NRC), 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids and New World Camelids*, (The National Academies Press, Washington).
- National Research Council (NRC), 2001. *Nutrient requirements of dairy cattle*. (The National Academy of Sciences, Washington).
- Oliveira, L.S., Manzo, M.R., Carvalho, R.F., Pesce, D.M.C., Silva, S.L., Nogueira, F.J.C.M., Gallo, S.B., Leme, P.R., 2015. Processamento do milho grão sobre desempenho e saúde ruminal de cordeiro. *Ciência Rural.* 45, 1292-1298. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20141068>.
- Pereira, G.A., Santos, E.M., Oliveira, J.S., Araújo, G.G.L., Paulino, R.S., Perazzo, A.F., Ramos, J.P.F., Neto, J.M.C., Cruz, G.F.L., Leite, G.M., 2021. Intake, nutrient digestibility, nitrogen balance, and microbial protein synthesis in sheep fed spineless-cactus silage and fresh spineless cactus. *Small Ruminant Research.* 194, 106-293. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2020.106293>.
- Polli, V.A., Restle, J., Senna, D.B., Almeida, S.R.S., 1996. Aspectos relativos à ruminação de bovinos e bubalinos em regime de confinamento. *Revista Brasileira de Zootecnia.* 25, 987-993.
- Ravelo, A.D., Calvo Augustinho, B., Arce-Cordero, J., Monterio, H.F., Bennet, S.L., Sarmikasoglou, E., Vinyard, J., Vieira, E.R.Q., Lobo, R.R., Ferraretto, L.F., Vyas, D., Faciola, A., 2022. Effects of partially replacing dietary corn with molasses, condensed whey permeate, or treated condensed whey permeate on ruminal microbial fermentation. *Journal of Dairy Science.* 105, 2215-2227. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20818>.
- Reid, R.L., Jung, G.A., Thanye, W.A., 1988. Relationships between nutritive quality and fibre components of cool season and warm season forages. *Journal Animal Science.* 66, 1275-1291. <https://doi.org/10.2527/jas1988.6651275x>.
- Rezende, A.V., Rabelo, C.H.S., Veiga, R.M., Andrade, L.P., Häter, C.J., Rabelo, F.H.S., Basso, F.C., Nogueira, D.A., Reis, R.A., 2014. Rehydration of corn grain with acid whey improves the silage quality. *Animal Feed Science and Technology.* 197, 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.009>.
- Sannes, R.A., Messman, M.A., Vagnoni, D.B., 2002. Form of rumen-degradable carbohydrate and nitrogen on microbial protein synthesis and protein efficiency of dairy cows. *Journal of Dairy Science.* 85, 900-908. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(02\)74148-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(02)74148-9).

- Santos D.C., Santos M.V.F., Farias I., Dias F.M., Lira, M.A., 2001. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*). *Revista Brasileira de Zootecnia*. 30, 12-17. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982001000100003>.
- Santos, E.M., Zanine, A.M., Ferreira, D.J., Oliveira, J.S., Pereira, O.G., Almeida, J.C.C., 2006. Efeito da adição de soro de queijo sobre a composição bromatológica, fermentação, perdas e recuperação de matéria seca em silagem de capim-elefante. *Ciência Animal Brasileira*. 7, 235-239.
- Santos M.V.F., Lira M.A., Farias I., Hélio A., Burity H.A., Tavares, Filho J.J., 1992. Efeito do período de armazenamento pós- colheita sobre a matéria seca e composição química das palmas forrageiras. *Pesquisa Brasileira Agropecuária*. 27, 777-783.
- Santos, T.N., 2012. Avaliação da biomassa de sorgo sacarino e palma forrageira para produção de etanol em Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco. 95p.
- Serafim, C.C., Rego, F.C.A., Fabris, J.T., Molina, J.F., Lupo, C.R., Gasparini, M.J., Semchenchem, R., Sibzera, M.C.R., Zundt, M., Santos, J.S., 2017. Consumo de nutrientes e perfil metabólico de cordeiros confinados com diferentes teores de soro de leite em pó na dieta. *Uniciências*. 21, 7-11. <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2017v21n1p7-11>.
- Silva, N.C., Nascimento, C.F., Nascimento, F.A., Resende, F.D., Daniel, J.P.L., Siqueira, G.R., 2018. Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. *Journal of Dairy Science*. 101, 4158-4167. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13797>.
- Souza, C.M.S., Medeiros, A.N., Furtado, D.A., Batista, A.M.V., Filho, E.C.P., Silva, D.S., 2010. Desempenho de ovelhas nativas em confinamento recebendo palma forrageira na dieta na região do Semiárido nordestino. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 1146-1153. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000500028>.
- Sniffen, C.J., O' Connor, J.D., Van Soest, P.J., Fox, D.G., Russel, J.B., 1992. A net carbohydrate and protein system for evaluation of cattle diets. II Carbohydrate and protein availability. *Journal Animal Science*. 70, 3562-3577. <https://doi.org/10.2527/1992.70113562x>.
- Torres, L.C.L., Ferreira, M.A., Guim, A., Vilela, M.S., Guimarães, A.V., Silva, E.C., 2009. Substituição da Palma gigante por Palma miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 38, 2264-2269. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982009001100028>.
- Van Soest, P.J., 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2nd ed. Ithaca: Cornell University Press, 476p.
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*. 74, 3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2).

Wittwer, F., Reyes, J.M., Opitz, H., 1993. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnóstico de desbalance nutricional. Archivo MedicoVeterinario. 25, 165-172.