



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

NUBIA MARIA GUEDES MEDEIROS

**RECIFE - PE
2026**

NUBIA MARIA GUEDES MEDEIROS

**BALANÇO HÍDRICO E RESPOSTAS METABÓLICAS DE CORDEIROS
ALIMENTADOS COM PALMA FORRAGEIRA *IN NATURA*, OU ENSILADA SOB
RESTRICÇÃO DE ÁGUA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Área de concentração: Zootecnia.

Comitê de orientação:

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat

Prof. Dr. Pierre Castro Soares

RECIFE - PE

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Auxiliadora Cunha – CRB-4 1134

M488b Medeiros, Nubia Maria Guedes.

Balanço hídrico e respostas metabólicas de cordeiros alimentados com palma forrageira *in natura* ou ensilada sob restrição de água / Nubia Maria Guedes Medeiros. - Recife, 2026.

48 f.; il.

Orientador(a): João Paulo Ismério dos Santos Monnerat.

Co-orientador(a): Pierre Castro Soares.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Metabólitos. 2. Pequenos ruminantes. 3. Oxalatos. 4. Privação hídrica 5. Silagem de palma.
I. Monnerat, João Paulo Ismério dos Santos, orient.
II. Soares, Pierre Castro, coorient. III. Título

CDD 636

A Deus, por me sustentar em todos os momentos difíceis, e à minha família, por ser meu apoio, incentivadora e motivadora.

DEDICO!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pela sabedoria e por ser meu sustento em momentos de dificuldade e me dar forças para seguir com gratidão.

Meus pais, Luzinete Medeiros e Adigemi Guedes, que são os motivos pela minha busca de conhecimentos e são meus professores da vida. Agradeço a compreensão e apoio em toda minha trajetória.

Minha irmã, Natália Guedes, e a minha sobrinha, Sarah Guedes, por todo apoio, cumplicidade, compartilhamento e troca de experiências da vida.

Meus familiares, principalmente Josefa, Francisco, Jaqueline, Janaine, Luan e Anna Clara, pelo apoio, palavras e compreensão.

Àqueles que contribuíram, integralmente, ao experimento, sendo fundamentais no apoio braçal, e tornaram esta trajetória um pouco mais leve: Joana Munhame, Dionísio e Thiago Garcia.

Àqueles que contribuíram em análises laboratoriais, em especial Sthefane, Pedro, Vinícius e Maria Clara.

A Gabriela Rocha, por todo o suporte.

Ao Prof. Dr. João Paulo, por toda orientação, palavras de apoio e ser orientador que acolhe com humanidade. Além de um grande profissional, é um excelente ser humano.

À Profa. Dra. Andreia, pelo empenho, dedicação e ensinamento nas etapas do experimento.

Ao Prof. Dr. Pierre Castro, pela coorientação, apoio e incentivo em ensinar novas habilidades.

Aos funcionários do departamento, em especial Dona Silvana, Sr. Lázaro, Sr. Ronaldo e demais servidores, que contribuíram no andamento do experimento, seja com o foco do seu trabalho numa necessidade para o experimento, seja na companhia em momentos de descontração.

A Joana Munhame, pela parceria durante o período experimental, análises laboratoriais, estudo de disciplinas, e pelos ensinamentos e leveza nos momentos mais difíceis com sua risada contagiante, além de contribuir para meu aprendizado prático.

A todos aqueles que contribuíram para a realização do processo de ensilagem, desde a construção da cerca até o último silo fechado.

A todos aqueles que compõem o grupo Setor de Ovinos, essenciais desde a concepção dos animais na estação de monta até o último dia experimental.

A todos aqueles que auxiliaram com o descarregamento de (toneladas) palma.

Ao INCT Carne, pelo apoio à pesquisa.

Ao CNPq, pela disponibilidade da bolsa.

À FACEPE, pelo financiamento à pesquisa.

**BALANÇO HÍDRICO E RESPOSTAS METABÓLICAS DE CORDEIROS
ALIMENTADOS COM PALMA FORRAGEIRA *IN NATURA*, OU ENSILADA SOB
RESTRICÇÃO DE ÁGUA**

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o uso da palma forrageira *in natura*, ou ensilada em dietas para cordeiros, considerando balanço hídrico, metabólitos sanguíneos e urinários, além do comportamento ingestivo sob condições de restrição hídrica. Foram utilizados 40 ovinos da raça Santa Inês, machos não castrados, com peso corporal inicial médio de $23,07 \pm 2,45$ kg, distribuídos em blocos casualizados, esquema fatorial 2x2, durante 75 dias. Os tratamentos foram: Palma Orelha de Elefante Mexicana *in natura* com feno de Tifton-85, sem restrição de água; Palma Orelha de Elefante Mexicana *in natura* com feno de capim Tifton-85 e com restrição de água; silagem de palma e feno sem restrição de água, e silagem de palma e feno com restrição de água, todos na proporção de 65% de volumoso e 35% concentrado. Não houve interação entre o tipo de volumoso e de oferta de água ($P>0,05$). A silagem de palma promoveu maior consumo de matéria seca e ingestão total de água, maior retenção hídrica e maior eficiência de uso da água ($P<0,05$), além de reduzir a excreção urinária de água. A restrição hídrica reduziu a excreção e a retenção de água, enquanto a reidratação aumentou a excreção hídrica e reduziu a eficiência de uso da água, com interação significativa ($P<0,05$) para a água retida. Quanto aos parâmetros sanguíneos, a silagem de palma elevou ($P<0,05$) as concentrações de triglicérides, ureia e cálcio iônico. A restrição hídrica reduziu ureia e cálcio iônico séricos, enquanto a reidratação aumentou ($P<0,05$) os metabólitos sanguíneos avaliados. Nos parâmetros urinários, a silagem de palma aumentou ($P<0,05$) as concentrações de ureia, creatinina, cálcio e magnésio e alterou os índices de excreção, com menor excreção de ácido úrico e magnésio e maior excreção de cálcio. A restrição hídrica reduziu a excreção de minerais, enquanto a reidratação aumentou a excreção de cálcio e reduziu a reabsorção tubular de fósforo e magnésio. No comportamento ingestivo, a silagem de palma aumentou ($P<0,05$) o tempo de ruminação e reduziu o tempo de ócio. Conclui-se que a ensilagem da palma forrageira otimiza o aproveitamento da água dietética, melhora o desempenho fisiológico e contribui para a resiliência produtiva em períodos de seca. Os ovinos se adaptam à restrição do acesso à água de beber, e a ingestão concentrada de água não promove benefício fisiológico sustentado adicional em relação ao estado adaptado.

Palavras-chaves: metabólitos; pequenos ruminantes; oxalatos; privação hídrica; silagem de palma.

WATER BALANCE AND METABOLIC RESPONSES OF LAMBS FED FRESH OR ENSILED FORAGE CACTUS UNDER WATER RESTRICTION

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the use of fresh or ensiled forage cactus in diets for lambs, considering water balance, blood and urinary metabolites, as well as ingestive behavior under conditions of water restriction. A total of 40 Santa Inês sheep, non-castrated males, with an average initial body weight of 23.07 ± 2.45 kg, were distributed in a randomized block design in a 2×2 factorial arrangement over 75 days. The treatments were: fresh Mexican Elephant Ear cactus with Tifton-85 hay, without water restriction; fresh Mexican Elephant Ear cactus with Tifton-85 hay, with water restriction; cactus silage with hay, without water restriction; and cactus silage with hay, with water restriction, all at a ratio of 65% roughage and 35% concentrate. There was no interaction between roughage type and water supply ($P>0.05$). Cactus silage promoted higher dry matter intake and total water intake, greater water retention, and higher water use efficiency ($P<0.05$), in addition to reducing urinary water excretion. Water restriction reduced water excretion and retention, whereas rehydration increased water excretion and reduced water use efficiency, with a significant interaction ($P<0.05$) for retained water. Regarding blood parameters, cactus silage increased ($P<0.05$) the concentrations of triglycerides, urea, and ionized calcium. Water restriction reduced serum urea and ionized calcium, whereas rehydration increased ($P<0.05$) the evaluated blood metabolites. For urinary parameters, cactus silage increased ($P<0.05$) the concentrations of urea, creatinine, calcium, and magnesium, and altered excretion indices, with lower excretion of uric acid and magnesium and higher excretion of calcium. Water restriction reduced mineral excretion, whereas rehydration increased calcium excretion and reduced tubular reabsorption of phosphorus and magnesium. In ingestive behavior, cactus silage increased ($P<0.05$) rumination time and reduced idle time. It is concluded that ensiling forage cactus optimizes dietary water utilization, improves physiological performance, and contributes to productive resilience during drought periods. Sheep adapt to restricted access to drinking water, and concentrated water intake does not provide additional sustained physiological benefits compared to the adapted state.

Keywords: metabolites; small ruminants; oxalates; water deprivation; cactus silage.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Composição bromatológica dos ingredientes da dieta17
- Tabela 2.** Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica das dietas.....18
- Tabela 3.** Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma com e sem restrição de água.....24
- Tabela 4.** Balanço hídrico de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma com e sem restrição de água.....24
- Tabela 5.** Balanço hídrico de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma, hidratados após a restrição de água.....25
- Tabela 6.** Metabólitos sanguíneos de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma com e sem restrição de água.....26
- Tabela 7.** Metabólitos sanguíneos de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma animais reidratados após restrição de água.....27
- Tabela 8.** Metabólitos urinários de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma.....28
- Tabela 9.** Metabólitos urinários de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma, restritos antes e após hidratação.....29
- Tabela 10.** Índices urinários de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma com e sem restrição de água.....30
- Tabela 11.** Índices urinários de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma, restritos antes e após hidratação.....31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1 Ovinocultura no semiárido	11
2.2 Exigência hídrica em ovinos	13
2.3 Palma <i>in natura</i> e interferência fisiológica.....	14
2.4 Oxalato por ruminantes	15
2.5 Silagem de palma forrageira.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Local, tratamentos e delineamento experimental	17
3.2 Manejo alimentar e dietas experimentais	18
3.3 Coleta e análise das amostras fezes e urina	21
3.4 Coleta e análise de sangue	22
3.5 Mensuração da ingestão de água e balanço hídrico	23
3.6 Comportamento ingestivo.....	23
3.7 Determinação dos oxalatos	24
3.8 Análises estatísticas	24
4. RESULTADOS	25
5. DISCUSSÃO	39
6. CONCLUSÃO.....	45
7. REFERÊNCIAS	46

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui aproximadamente 1,021 milhão de km² de território semiárido (INSA, 2024), caracterizado pela escassez de água potável para consumo humano e animal, em decorrência da baixa pluviosidade, igual ou inferior a 800 mm anuais, e da recorrência de períodos de seca (Gomes *et al.*, 2023). Estas condições ambientais impõem desafios à sobrevivência e ao desenvolvimento das populações e às atividades produtivas, especialmente à pecuária. Nessa região, concentra-se a maior parte do rebanho de pequenos ruminantes do país, com cerca de 15,5 milhões de cabeças de ovinos, o que corresponde a 71% do efetivo nacional (IBGE, 2023).

Uma das estratégias para o convívio com a seca, é o uso da palma forrageira como ingrediente na alimentação de animais ruminantes, planta adaptada às condições edafoclimáticas da região devido ao seu mecanismo de fixação do CO₂ atmosférico metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), sendo eficiente quanto ao uso da água, fazendo a abertura dos estômatos à noite, quando a temperatura ambiente é menor, diminuindo, assim, as perdas de água por evapotranspiração.

A palma forrageira apresenta características de composição química contendo elevada energia digestível (2,69 Mcal/Kg) e quantidades consideráveis de carboidratos não-fibrosos (53,74%) (Antoniassi *et al.*, 2020) e matéria mineral (11,8%), com potássio (50 mg/100g de MS) e cálcio (18-57 mg/100g de MS), e variações que dependem da espécie, local de cultivo e do estado fisiológico do cladódio (Pordeus Neto *et al.*, 2016).

A utilização da palma forrageira na dieta promove alta ingestão de água via alimentar aos animais, devido ao considerável conteúdo de água em torno de 85 a 92% (Cantwell, 2001), representando importante alternativa para a alimentação animal, considerando ainda que o uso desta forrageira na composição de dietas para ruminantes relaciona-se com o aumento da excreção de urina sem afetar a função renal (Neto *et al.*, 2016) e deve-se otimizar a utilização desse ingrediente em região do semiárido, a fim de obter o aproveitamento de água via dieta, diminuindo o consumo de água no bebedouro.

Para os ovinos em ambiente ausente de estresse térmico, a ingestão de água tende a ser de cerca de 3 a 5 kg/kg de MS ingerida. Quantidades significativas de água por dia podem ser fornecidas por meio do consumo de forragem fresca. Em ovinos, podem ser supridas através de dietas com teor de umidade de 65 a 70% (Squires, 1988). Para os

animais alimentados com dieta à base de palma forrageira, a ingestão total diária de água pode ultrapassar o requerimento hídrico médio diário, que ainda conservam algum consumo voluntário de água. Nestes casos, a ingestão excessiva de água no bebedouro não está relacionada com a exigência de água, mas, sim, com substâncias presentes na palma, como oxalatos (Pordeus Neto *et al.*, 2016), degradados pelas bactérias ácido-láticas (BAL) no processo de ensilagem (Campieri *et al.*, 2001).

O oxalato, substância presente em vegetais, pode causar lesões graves como irritação no intestino, promove o efeito laxativo ao animal, elevando a produção de fezes amolecidas, aumentando a excreção fecal de água, e aumenta o volume urinário como maneira de manter o balanço hídrico no organismo do animal (Silva *et al.*, 2023). À medida que aumenta a inclusão da palma forrageira nas dietas dos ruminantes, conseqüentemente, há o aumento da excreção de urina (James, 1972). Os teores de oxalato presente na palma forrageira podem diferenciar de acordo com a variedade, cultivar e estágio do cladódio (Batista *et al.*, 2009; Rekik *et al.*, 2010), Silva *et al.* (2020), com valores de 18, 21 e 26 g/kg de oxalato em palma miúda, palma IPA-Sertânia e palma Orelha de Elefante Mexicana, respectivamente.

A conservação de forragens pelo método de ensilagem resulta na formação de bactérias anaeróbias, como as BAL, importante para redução de pH e suas concentrações é um indicativo de silagem de boa qualidade. Altas concentrações de BAL (maiores que 800×10^{11} UFC) são capazes de degradar os oxalatos (Seguin *et al.*, 2013; Campieri *et al.*, 2001).

A ensilagem também permite minimizar as perdas de água, em que, de acordo com Jardim *et al.* (2025), observa-se que o teor de umidade da *Opuntia* apresenta variações expressivas ao longo do ano, com valores médios em torno de 88,91%, variando de 96 a 79% entre os períodos das chuvas e os mais secos, respectivamente. Esta oscilação tem implicações diretas na oferta hídrica fornecida pela palma aos animais, uma vez que, para cada unidade percentual de umidade perdida abaixo desse valor médio, cada quilograma de matéria seca deixa de conter aproximadamente 0,429 kg de água.

A mucilagem, presente na palma forrageira, evita que a umidade e os nutrientes sejam perdidos por lixiviação no interior do silo. Este componente é constituído por polissacarídeos, ácidos e neutros, proteínas com funções de reservar carboidratos e retenção de água (Rocha *et al.*, 2011). A palma possui substâncias tamponantes que

permitem controlar o desenvolvimento de microrganismos oportunistas como leveduras, o que reduz as perdas de MS da silagem (Sáenz *et al.*, 2004). A redução da movimentação da água proporciona menores perdas por efluentes e aumento da produção de ácido láctico, garantindo a viabilidade na produção da ensilagem produzida (Nogueira *et al.*, 2016), caso realizada com fermentação e em condições adequadas de conservação podem ser armazenadas a períodos superiores a 24 meses (Macêdo *et al.*, 2017), sendo uma reserva alimentar estratégica utilizada em longos períodos de estiagem, visto que a silagem composta de palma forrageira, em dietas de ovinos, indicou maior consumo de nutrientes e menor ingestão de água via bebedouro (Godoi, 2018).

Devido ao aumento do consumo e, conseqüentemente, da excreção de água por animais que recebem palma forrageira na dieta, em função dos seus compostos, há efeito diurético e laxativo. E a ensilagem surge como um método estratégico para a conservação da palma forrageira, permitindo a preservação desse conteúdo hídrico, contribuindo para a sustentabilidade dos sistemas produtivos em regiões semiáridas, onde a disponibilidade de água é um dos principais fatores limitantes.

Objetivou-se avaliar o uso da palma forrageira *in natura* ou ensilada em dietas para cordeiros da raça Santa Inês, considerando aspectos fisiológicos, utilização da água e saúde dos animais em terminação sob restrição hídrica. Hipotetizando que a ensilagem reduz os teores de oxalatos presentes na palma *in natura*, atenuam-se os efeitos diurético e laxativo, diminuindo, conseqüentemente, a necessidade de ingestão de água no bebedouro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Ovinocultura no semiárido

O rebanho na região semiárida é composto por pouco mais de 15 milhões de ovinos, sobretudo animais sem raça definida, voltados à produção de carne e pele (IBGE, 2023). Mesmo com expressiva quantidade do rebanho, o mercado nacional necessita da importação de carne ovina de outros países como Argentina, Nova Zelândia e do Uruguai (SENAR, 2019). Maior parcela dos produtores do semiárido necessita de conhecimento especializado para potencializar a produção com técnicas apropriadas ao manejo de sequeiro, atuando em nível de subsistência, sendo reflexo da falta do principal elemento

para criação animal, o planejamento forrageiro, principalmente em consideração à convivência com a seca, aspectos estes que são minimizados através do cultivo de forrageiras importantes da região, com o uso de resíduos da agroindústria, uso de silagem e feno de qualidade (Silva, 2023).

A vegetação da caatinga, predominante bioma na região do semiárido brasileiro, é composta por plantas lenhosas que servem como fonte de forragem para os rebanhos dos sertões nordestinos, compondo cerca de 90% da dieta dos pequenos ruminantes, principalmente na época seca (Gonzaga Neto *et al.*, 2001; Campos *et al.*, 2017). No entanto, essa vegetação é pouco trabalhada e possui potencial para maximizar sua produção.

A oscilação na oferta de alimentos para os rebanhos é resultante das características edafoclimáticas da região, com índices pluviométricos que variam de 200 a 800 mm anuais. Além disso, representa uma região que possui solos rasos, o que favorece a evaporação de, aproximadamente, 2.700 mm/ano das águas, determinando um déficit hídrico muito elevado (INSA, 2009). Estes fatores dificultam a produção de forragem em grande escala, levando oscilações na oferta de forragem que, conseqüentemente, dificulta o abate dos animais jovens e uma despadroneização dos animais acabados, comprometendo a qualidade, que são as características desejáveis ao consumidor no momento da compra. Dias *et al.* (2018) afirmaram que a maior parte dos consumidores preferem a carne de animais mais jovens, em virtude da maciez, suculência, pouca presença de gordura e aroma mais suave.

Devido aos longos períodos de seca, a produção pecuária desta região é negativamente afetada. Com a finalidade de amenizar essa situação, a palma forrageira surgiu como fonte alternativa alimentar, pois oferece disponibilidade no período seco, considerável coeficiente de digestibilidade da matéria seca e alta produtividade. Desse modo, é utilizada na alimentação dos animais ruminantes (Santos *et al.*, 1997), contribuindo para o atendimento de grande parte das necessidades de água para os animais, pois constitui em média 90% de água, além de possuir, em sua composição, quantidades significativas de carboidratos não fibrosos (55,81%) e minerais (11,80%). Por outro lado, há menor teor de fibras (10,89%) e proteína bruta (4,32%), necessitando de um aporte desses nutrientes através de outros ingredientes (Valadares Filho *et al.*, 2023).

A composição da palma forrageira pode variar além da diferença entre espécies, dependendo também de fatores como idade da planta, adubação do solo, período de coleta e tratos culturais. Os altos teores de umidade da mesma fornece ao animal uma fonte de água, podendo influenciar no consumo de água de bebida de ovinos ao consumir palma rotineiramente e em níveis elevados na dieta concomitante a ingredientes fibrosos, a fim de promover bom funcionamento do rúmen com o aporte da fibra fisicamente efetiva (Silva, 2018).

2.2 Exigência hídrica em ovinos

O consumo de água depende de variáveis como peso corporal, consumo de matéria seca, consumo de energia, temperatura, radiação, umidade, qualidade da água, espécie animal, raças, diferentes estádios fisiológicos como crescimento, gestação e lactação e efeito da restrição ou oferta de água (Araújo *et al.*, 2010; NRC 2007), sendo de fundamental importância conhecer os fatores do rebanho e do ambiente para o planejamento hídrico dos mesmos.

A distribuição do efetivo de animais está associada e dependente da fonte de água existente, além da capacidade dos animais tolerar a deficiência e a baixa qualidade da água, como é o caso de animais criados em regiões áridas e semiáridas. Pequenos ruminantes nativos são capazes de expressar sua produção apesar de temperaturas extremas e da limitação hídrica por meio de adaptações comportamentais em combinação com adaptações morfológicas e fisiológicas (Jaber *et al.*, 2013).

A água é essencial para o metabolismo dos animais e a obtenção de água pode ser via ingestão direta de água, água metabólica ou por meio da dieta, em que alimentos verdes ou aquosos como forragens frescas e os ensilados possuem cerca de 70 a 90% de água (Vieira *et al.*, 2008). A água desempenha funções metabólicas, reprodutivas e produtivas, e a privação ou a deficiência afeta essas funções, porém, espécies de zonas áridas e semiáridas desenvolveram adaptações para essas condições.

A falta de água afeta o comportamento normal dos animais, pois atua no processo digestivo, através da digestão e absorção de proteínas, carboidratos e lipídios. Segundo da Silva (2023), o consumo de água está diretamente envolvido na eliminação de resíduos metabólicos, atuando como veículo para excreção de compostos nitrogenados e outras substâncias pelos rins e fígado. Além de atuar como agente de termorregulação, é

fundamental em transporte de sangue para os capilares do sistema circulatório, também essencial no transporte de gases, em particular o oxigênio necessário para as reações de oxidação celular e o dióxido de carbono produzido por essas reações.

A recomendação ideal encontrada para ovinos em crescimento é de quatro litros de água para cada kg de MS, ingerida em climas tropicais. Esta estimativa pode variar de acordo com a temperatura, com aumento de um litro a cada elevação de 5°C, e umidade do ambiente, além do estado fisiológico do animal (da Silva, 2023). Além disso, os requerimentos de água são maiores em sistemas de animais sob pastejo do que no sistema de confinamento. Este último permite aos animais economizarem sua produção de calor de manutenção, percorrendo curtas distâncias para ter acesso aos bebedouros (Schlink *et al.*, 2010).

As principais características dos animais ruminantes é a alta capacidade de economizar a água corporal através da renovação, diminuindo a excreção fecal e repondo grandes quantidades da primeira ingestão rápida, cerca 65 a 70% em ovinos, do peso perdido após um período sem água (Squires, 1988). Outro fator para esta economia é a redução na ingestão de alimento quando há restrição de água, visto que afeta a produção de energia e termorregulação. Por outro lado, King (1983) observou um aumento na eficiência de digestão da fibra quando a água é restrita.

2.3 Palma in natura e interferência fisiológica

Os ovinos são mais suscetíveis à ocorrência de obstruções uretrais quando submetidos a dietas com altas concentrações de minerais, associadas ao consumo de água mineralizada e ao pastejo em pastagens ricas em sílica ou oxalatos. Esse quadro é agravado pelo uso de forragens com restrição hídrica ou por condições que promovem excessiva perda de água corporal, contribuindo para o desenvolvimento de distúrbios metabólicos e urinários (Unanian *et al.*, 1985; Manole, 1993; Radostits *et al.*, 2002; Usman, 2018).

Silva (2018) observou que, à medida que se inclui a palma forrageira na dieta de ovinos, aumenta-se, linearmente, o consumo de oxalatos, Ca, P, Mg, K e Na, e estes constituintes estão ligados à maior excreção de urina dos animais.

Silva *et al.* (2023) avaliaram alterações hepáticas e urinárias em ovinos alimentados com dietas contendo substituição do feno de Tifton85 por palma forrageira, observando impactos significativos sobre o metabolismo hepatorrenal. De forma semelhante, Usman *et al.* (2022) relataram que o consumo de palma forrageira miúda, orelha de elefante mexicana e IPA promoveu alterações no parênquima renal e atrofia glomerular, comprometendo o fluxo sanguíneo nos vasos peritubulares e o transporte de substâncias potencialmente tóxicas aos túbulos renais. A destruição tubular eleva a pressão intraglomerular, reduz a taxa de filtração glomerular e pode culminar em insuficiência renal. Danos teciduais renais em ovinos alimentados com variedades de palma forrageira, incluindo nefrose, necrose, atrofia glomerular e congestão, foram descritos por Lucena *et al.* (2018), Barboza *et al.* (2019) e Usman *et al.* (2022).

Segundo Usman *et al.* (2022), a análise microscópica dos rins revelou degeneração hidrópica discreta, com lesões predominantes na porção reta dos túbulos proximais em animais alimentados com palma orelha de elefante mexicana (OEM). Estes achados sugerem que determinados genótipos podem apresentar maior teor ou diversidade de fatores antinutricionais. A presença de nefrose tubular, caracterizada por processo degenerativo das células epiteliais dos túbulos renais, pode evoluir para necrose tubular, sendo uma das principais causas de insuficiência renal aguda. Estas alterações celulares estão associadas à interferência na respiração celular, ao comprometimento dos sistemas de transporte tubular e à lesão de organelas intracelulares.

2.4 Oxalato por ruminantes

O ácido oxálico, constituinte natural dos tecidos vegetais, ocorre nas plantas sob a forma de oxalatos solúveis e insolúveis. Os oxalatos solúveis são formados pela associação com íons monovalentes, como Na, K e amônio, enquanto os oxalatos insolúveis resultam da ligação com íons divalentes, como Ca, Mg e Fe (Savage *et al.*, 2000).

Em ruminantes, o oxalato solúvel pode ser parcialmente degradado no rúmen por microrganismos específicos, destacando-se a *Oxalobacter formigenes*, bactéria de crescimento lento e baixa competitividade metabólica (Allison *et al.*, 1977; Justice, 1985). Outras bactérias, como *Enterococcus faecalis* e microrganismos produtores de

ácido láctico, também apresentam capacidade de degradação do oxalato (Hokama *et al.*, 2000; Campieri *et al.*, 2001).

Quando o cálcio é ingerido concomitantemente a dietas ricas em oxalato solúvel, os íons oxalato presentes no rúmen ou no intestino ligam-se ao Ca ou Mg, formando cristais de oxalato insolúveis, os quais são eliminados pelas fezes. Em contrapartida, dietas com baixa concentração de cálcio favorecem a permanência do oxalato na forma solúvel, facilitando sua absorção intestinal e posterior entrada na corrente sanguínea (Lincoln & Black, 1980; Blaney *et al.*, 1982).

Uma vez absorvido, o oxalato é eliminado exclusivamente pela urina. A quantidade excretada depende da composição da dieta, da eficiência de absorção intestinal, da secreção tubular renal e da taxa de síntese endógena (Silva *et al.*, 2023). Concentrações elevadas de oxalato filtrado pelos rins podem resultar na formação de cristais insolúveis de oxalato de cálcio ou magnésio, que podem obstruir o fluxo urinário, comprometer a função renal e culminar em insuficiência renal (Lincoln & Black, 1980; Blaney *et al.*, 1982). Por outro lado, o oxalato insolúvel ingerido diretamente das plantas tende a atravessar o trato digestivo sem causar efeitos metabólicos adversos (Ward *et al.*, 1979).

Estudos recentes indicam que alterações renais podem preceder a formação de cálculos urinários. Cao *et al.* (2024) observaram um efeito cumulativo em ovelhas alimentadas com dietas contendo oxalato, caracterizado por elevação nos níveis de ureia e creatinina e redução da fosfatase alcalina, sugerindo que a disfunção renal pode ocorrer mesmo em condições de adaptação gradual à dieta.

Ainda não há consenso quanto aos níveis seguros de oxalato em plantas forrageiras, uma vez que a toxicidade é influenciada por fatores como taxa de ingestão, adaptação ruminal e relação oxalato: cálcio da dieta. De modo geral, concentrações inferiores a 2,0% de oxalato solúvel na matéria seca da dieta são consideradas adequadas para reduzir o risco de intoxicação em ruminantes, embora níveis adequados de cálcio possam mitigar os efeitos deletérios do oxalato.

Além dos efeitos renais, a ingestão excessiva de oxalato pode desencadear síndromes associadas ao hormônio paratireoide (PTH). Estas síndromes podem manifestar-se de forma aguda, com hipocalcemia e morte após a ingestão de altas doses,

ou de forma crônica, caracterizada pela deposição de oxalato nos túbulos renais, levando a lesões nos néfrons, fibrose renal, insuficiência renal e urolitíase. Altos teores de oxalato em folhas de beterraba, por exemplo, foram relacionados à ocorrência de hipocalcemia e hipomagnesemia em ovelhas (El-Khodery *et al.*, 2008).

2.5 Silagem de palma forrageira

O teor de umidade da *Opuntia* apresenta variações expressivas ao longo do ano, com perdas de cerca de 17% de umidade entre o período chuvoso ao período seco (Jardim *et al.*, 2025). Segundo Fontaneli *et al.* (2009), a silagem é uma forragem úmida obtida pelo processo de conversão de açúcares em ácidos orgânicos pela fermentação, com alto teor de umidade. O uso da silagem proporciona maior eficiência na alimentação dos ruminantes, principalmente nos períodos em que há baixa produção de forragens, como em períodos de estiagens no semiárido.

Ainda são escassas as informações relativas a perdas no processo de ensilagem da palma forrageira. No entanto, o baixo percentual de MS da palma não influencia em maiores perdas por lixiviação, tendo em vista a presença da mucilagem em sua composição, que configura um conteúdo viscoso, constituído principalmente por heteropolissacarídeos ácidos e neutros, proteínas e substâncias fenólicas e que apresenta como algumas de suas funções a reserva de carboidratos e a retenção de água (Rocha *et al.*, 2011).

A palma forrageira apresenta um potencial para produção de silagem por constituir altos teores de carboidratos solúveis, que são fermentados no interior do silo e permitem a redução do pH, sendo este um indicativo de uma silagem de boa qualidade. Gusha *et al.* (2015) observaram pH entre 4,0 e 4,23, pelo qual resultou em aumento da concentração de íons de hidrogênio que inibem as bactérias indesejáveis, em silagens de palma com feno de leguminosas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local, tratamentos e delineamento experimental

O experimento foi realizado entre os meses de dezembro de 2024 e fevereiro de 2025, no setor de caprinovinocultura do Departamento de Zootecnia (DZ) da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), situada sob as coordenadas geográficas de 8°04'03''S e 34°55'00''W. Todos os procedimentos foram realizados com autorização da Comissão Interna de Ética no Uso de Animais (CEUA/UFRPE), sob licença de número 4448060922.

Foram utilizados 40 ovinos da raça Santa Inês, machos não castrados, com idades entre 90 e 120 dias e peso corporal inicial médio de $23,07 \pm 2,45$ kg. O experimento foi realizado em delineamento em blocos casualizados (DBC), em esquema fatorial 2x2, dois volumosos (uma mistura de palma *in natura* + feno de capim Tifton-85 e silagem da palma e feno nas mesmas proporções) e duas frequências de oferta hídrica: *ad libitum* e outra com acesso limitado a água de beber, uma única oferta a cada sete dias, por dez minutos. O experimento teve duração de 75 dias, dos quais os 19 primeiros dias foram para a adaptação dos animais às instalações e manejo e os 56 dias remanescentes para o período experimental, coletas de amostras e dados.

Os animais foram mantidos em baias individuais, medindo 1,0 m x 1,8 m, com comedouros e bebedouros, para aqueles (20 animais) que não estavam sob restrição à água de beber. Anterior ao início do experimento, todos os animais foram identificados e submetidos ao controle de parasitos e vacinados contra clostridioses.

Os animais eram oriundos de dois rebanhos distintos e foram distribuídos casualmente em dois blocos e posteriormente em quatro tratamentos com dez repetições cada. Os tratamentos foram: (1) palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia Stricta (Haw) Haw*) *in natura* sem restrição de água, com feno de Tifton-85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado; (2) palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia Stricta (Haw) Haw*) *in natura* com restrição de água, com feno de capim Tifton-85 (*Cynodon dactylon*) e concentrado; (3) silagem de palma e feno sem restrição de água, composto, com base na matéria seca, por palma forrageira (74,3%) e feno de capim Tifton-85 (25,7%) e concentrado, e (4) silagem de palma e feno com restrição de água, composto palma forrageira (74,3%) e feno de capim Tifton-85 (25,7%) e concentrado, todos na proporção de 65:35 de volumoso e concentrado.

3.2. Produção da silagem

A silagem foi produzida no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (sede), entre os dias 19 e 25 de outubro de 2024. A composição foi de 75% de palma forrageira orelha de elefante mexicana e 25% de feno de Tifton 85. A palma foi inicialmente picada e posteriormente moída em forrageira, enquanto o feno de Tifton 85 foi triturado. Em seguida, os materiais foram misturados manualmente com auxílio de enxadas até completa homogeneização. O material foi, então, acondicionado em silos revestidos com lona dupla face de 200 micra, distribuído em camadas finas e submetido a pisoteio constante para a retirada do ar. Após 60 dias de fermentação, a silagem passou a ser fornecida aos animais, iniciando-se o período de adaptação.

3.3. Manejo alimentar e dietas experimentais

As dietas foram ofertadas duas vezes ao dia, pela manhã (08h) e à tarde (16h), na forma de ração completa, sendo a estimativa de consumo voluntário realizada pela pesagem das sobras antes do fornecimento da manhã e o consumo calculado pela diferença entre a oferta e a sobra de ração de cada animal. A quantidade fornecida foi ajustada baseada na ingestão voluntária do animal com estimativa de sobras de 10%. As dietas formuladas foram isonitrogenadas, atendendo as exigências nutricionais de ovinos, objetivando um ganho médio diário de 220 g/dia, de acordo com recomendações nutricionais do Br-Caprinus & Ovinos (2024), conforme as tabelas a seguir.

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes da dieta

Ingrediente	Matéria Seca g/kg	g/kg de MS			
		PB	EE	FDN	MM
Palma OEM	129,70	38,50	14,30	315,80	117,40
Feno de Tifton-85	841,90	81,00	22,50	793,30	43,90
Silagem de Palma e Feno	222,40	51,76	21,40	462,42	103,80
Milho	840,70	89,80	32,90	138,50	12,70
Soja	863,20	511,80	8,10	124,60	72,30
Ureia	978,80	2610,00	0,00	0,00	0,00
Óleo de soja	995,70	0,00	992,00	0,00	0,00
Sal mineral	1000,00	0,00	0,00	0,00	1000,00

Cloreto de sódio	990,00	0,00	0,00	0,00	1000,00
------------------	--------	------	------	------	---------

OEM – Orelha de Elefante Mexicana; PB – Proteína Bruta; EE – Extrato Etéreo; FDN – Fibra em Detergente Neutro, e MM – Matéria Mineral.

Tabela 2. Proporção dos ingredientes e composição químico-bromatológica estimada das dietas

Ingredientes	Tratamentos	
	PIN + Feno ¹	SPF ²
	<i>g/kg MS</i>	
<i>Oxalato</i>	1,87	1,41
Palma <i>in natura</i>	483,60	0,00
Feno de Tifton-85	167,66	0,00
Silagem de palma e feno de Tifton 85	0,00	645,27
Milho	184,78	187,95
Farelo de soja	117,11	119,13
Ureia	10,41	10,59
Óleo de soja	21,69	22,06
Sal mineral	6,51	6,62
Cloreto de sódio	8,24	8,38
Total	1000,00	1000,00
	<i>Composição das dietas</i>	
Matéria Seca, g/kg MN	230,92	302,00
Matéria Orgânica, g/kg MS	910,30	907,02
Proteína Bruta, g/kg MS	135,90	138,88
Extrato Etéreo, g/kg MS	39,23	42,84
FDN, g/kg MS	325,91	339,26
CNF, g/kg MS	426,02	402,97
MM, g/kg MS	89,70	92,98

¹PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85, ²SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85; FDN – Fibra em Detergente Neutro; CNF – Carboidrato Não Fibroso, e MM – Matéria Mineral.

Para os animais que estiveram sob restrição, a oferta de água era feita em um dia fixo de cada semana por dez minutos, ou seja, os animais tinham uma restrição de água de sete dias.

3.4. Determinação dos oxalatos

Com as amostras de palma *in natura*, feno de Tifton 85 e silagem de palma forrageira com feno de Tifton 85 secas em estufa com circulação forçada de ar, moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira de 1 mm, homogeneizadas e acondicionadas em frascos hermeticamente fechados, cerca de 1,0 g de amostra foi pesado em Erlenmeyer

de 125 mL, ao qual se adicionaram 90 mL de HCl 0,25N. A mistura foi aquecida em banho-maria a 70 °C por 1h e resfriada à temperatura ambiente e filtrada. O filtrado foi completado para 100 mL com HCl 0,25N e homogeneizado, sendo posteriormente retirados 5 mL para tubos tipo Falcon.

Adicionou-se solução precipitante, com posterior homogeneização em vortex e refrigeração por 12h para precipitação do ácido oxálico. Os tubos foram centrifugados a 2.500 rpm por cinco minutos, retirando o sobrenadante. O precipitado foi lavado com HCl 0,25N e solução álcool: amônia (2:1 v/v), seguido de nova centrifugação e secagem em estufa a 100 °C por 30 minutos.

O precipitado seco foi solubilizado em H₂SO₄ 2N e aquecido em banho-maria para posterior titulação com solução de KMnO₄ 0,02N, mantendo coloração rosa clara por 30 segundos. O volume utilizado na titulação foi registrado e os teores de ácidos oxálicos totais foram calculados pela seguinte fórmula:

% ácidos oxálicos totais = (volume (mL) de KMnO₄(amostra) – volume (mL) de KMnO₄(branco)) x 1,801 x fator de correção. Segundo a metodologia de quantificação do ácido oxálico proposta e adaptada de Moir (1953).

3.5. Coleta e análise das amostras fezes e urina

Entre os dias 39 e 42 do período experimental, foi realizada a coleta total de fezes e urina de todos os animais, bem como coletadas amostras dos ingredientes e sobras dos animais, para determinação do consumo de matéria seca e água, além das perdas através das fezes e urina para determinar o balanço hídrico.

Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS, MO, 25 PB, EE, FDN e CNF foram obtidos pela diferença entre a quantidade de alimento ingerido e excretado nas fezes, conforme a equação: CDA (%) = [(nutriente ingerido – nutriente excretado) / nutriente ingerido] x 100.

As fezes foram coletadas com auxílio de bolsas coletoras acopladas a cada um dos animais, previamente adaptadas aos animais por 48 horas. O período de coleta teve duração de quatro dias, e as bolsas foram esvaziadas quatro vezes ao dia, duas pela manhã e duas pela tarde para quantificação e amostragem das fezes e para evitar perdas de umidade por evaporação. As amostras foram obtidas após pesagem, homogeneização do

material acumulado nas bolsas e retirada uma porção proporcional a 10% do volume excretado (Minson, 1981), identificadas e imediatamente armazenadas a -20°C.

A urina de cada animal foi coletada em sua totalidade por quatro dias consecutivos, simultaneamente à coleta total de fezes. Os animais foram equipados com funis adaptados e presos ao prepúcio, com mangueiras ligadas diretamente a recipientes plásticos contendo 50 mL de ácido sulfúrico a 20%. Ao final de 24h de cada dia do período de coleta, os recipientes foram trocados, para respectiva quantificação do volume urinário. Logo após, a urina foi filtrada em gaze para retirada de alíquota proporcional ao volume excretado, que, ao final do período de coleta homogeneizada, retirou-se uma alíquota para quantificar o volume de água excretado através da urina e análises de ureia, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, Ca, P e Mg.

A determinação da concentração de creatinina na urina foi realizada pelo método de ponto final, utilizando os mesmos kits comerciais para análises. Foi determinada a taxa de excreção fracional de Y substâncias, tais como: ureia, ácido úrico, Ca, P e Mg. Para a determinação dos respectivos índices, foram realizadas análises dos metabólitos e macroelementos no sangue e na urina, e os índices foram calculados com base nas equações descritas abaixo.

$$\text{TEFY (\%)} = \left(\frac{U_x \times P_{\text{creat}}}{P_x \times U_{\text{creat}}} \right) \times 100$$

Onde:

U_x = concentração do soluto na urina;

P_x = concentração do soluto no plasma;

U_{creat} = concentração de creatinina na urina;

P_{creat} = concentração de creatinina no plasma.

A coleta total de fezes e urina se estendeu até o 43º dia (por mais 24h) para os animais dos dois tratamentos que não tinham acesso livre ao bebedouro. Nesse dia, os animais foram reidratados através do acesso livre ao bebedouro por dez minutos e mensurados o volume urinário e a perda de água através das fezes, perfazendo nestes

grupos duas amostras: uma composta dos quatro dias e outra referente ao dia da reidratação.

3.6. Coleta e análise de sangue

O sangue foi coletado no 42º dia do período experimental, quarto dia do período de coleta total de fezes e urina e cerca de quatro horas após a alimentação matinal em todos os animais do experimento. No quinto dia de coleta total de fezes e urina nos animais pertencentes aos dois tratamentos com acesso restrito ao bebedouro, uma segunda coleta foi realizada, quatro horas após a reidratação, a fim de se obter amostras destes animais sob duas condições: no sétimo dia de restrição e após a reidratação.

As amostras foram obtidas por venopunção jugular com auxílio de tubos siliconizados à vácuo (Vacutainer®) sem anticoagulante para obtenção de soro e em tubos contendo anticoagulante de fluoreto de sódio para obtenção do plasma. Após a coleta, as amostras foram mantidas em temperatura ambiente até duas horas e centrifugadas para obtenção do soro e plasma; as alíquotas de soro e plasma foram acondicionadas em microtubos de polietileno (tipo Eppendorf®) de 2 mL previamente identificados para posteriores análises.

Foram analisados biomarcadores sanguíneos, incluindo enzimas Aspartato Aminotransferase (AST), Fosfatase Alcalina (FA), Gamma-Glutamiltransferase (GGT), lipídios (colesterol e suas frações, triglicerídeos), frutossamina, ureia, creatinina, ácido úrico, proteínas totais, albumina, Ca, P e Mg no soro sanguíneo, enquanto, no plasma, foram avaliados os teores de glicose e lactato, a partir de kits comerciais Labtest® (Labtest Diagnóstica S.A., Brasil) em analisador bioquímico automatizado Labtest® (Labtest®, Modelo Prestige 24i, Japão), no Laboratório de Doenças Metabólicas e Nutricionais – LDMN, seguindo as instruções do fabricante. A globulina foi estimada através da proteína total menos a albumina e a relação albumina:globulina é calculada dividindo o valor da albumina pelo da globulina. O Ca_i através da equação:

$$Ca_i = \frac{((6 * Ca - (0,19 * Proteína total) + albumina) / 3)}{(0,19 * Proteína total) + albumina + 6)}$$

No soro, também foi quantificado o hormônio aldosterona por ensaio imunoenzimático (ELISA) de determinação quantitativa *in vitro* com kit comercial

EUROIMMUN[®], contendo poços de microplaca, revestidos com anticorpos policlonais contra a aldosterona.

Os índices de excreção urinária (IEU), as taxas de excreção fracional (TEF) e o cálcio iônico foram obtidos através de equações propostas por Garry *et al.* (1990).

3.7. Mensuração da ingestão de água e balanço hídrico

Todas as manhãs, após o fornecimento de alimento, a água foi quantificada. O consumo de água livre foi monitorado diariamente pela diferença entre a quantidade oferecida e a quantidade restante nos baldes. Para determinar a taxa evaporativa da água, foram disponibilizados três baldes com a mesma capacidade, distribuídos pelo galpão experimental.

As perdas de água foram determinadas a partir da quantificação da MN da urina e das fezes coletadas. Posteriormente, foi realizada a determinação da MS desses materiais, sendo a quantidade de água excretada obtida por diferença entre a MN e a MS. Para a excreção de água total, a quantidade de água das fezes e urina foram somados.

Para avaliação do balanço hídrico dos animais, foram computados os quantitativos de água consumida e perdida pelo animal durante o período do ensaio de digestibilidade. Foram utilizadas as seguintes equações:

$$ITA(kg/dia) = IAL + IAA; \quad ETA(kg/dia) = AEU + AEF;$$

$$ABS(kg/dia) = ITA - AEU;$$

$$AR(kg/dia) = ITA - ETA$$

$$BH(\%) = (AR/ITA) * 100$$

em que:

ITA = ingestão total de água;

IAL = ingestão de água livre, no bebedouro;

IAA = ingestão de água através do alimento;

ETA = excreção total de água;

AEU = água excretada na urina;

AEF = água excretada nas fezes;

ABS = água absorvida;

AR = água retida;

BH = balanço hídrico.

3.8. Comportamento ingestivo

Para avaliação do comportamento ingestivo, os animais foram submetidos à observação visual durante um período de 48 horas, do 52º ao 54º dia experimental, com intervalos de dez minutos entre as observações, para avaliação dos tempos de alimentação (TAL), ruminação (TRU) e ócio (TOC), calculados pela metodologia de Bürger *et al.*, 2000.

3.9. Análises estatísticas

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-wilk), e as variáveis foram interpretadas por meio da ANOVA. Ao nível de significância de 5%, foi utilizado o programa estatístico Statistical Analysis System (SAS) On demand, procedimento PROC MIXED. Foi analisada a interação entre os fatores e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$), e analisada a tendência ($0,05 < P \leq 0,10$).

Modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + P_k + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \epsilon_{ijk}$

Onde: Y_{ijk} é o valor observado para cada bloco P ($k =$ dois grupos de peso), i -ésimo nível do fator a (Palma in natura ou ensilada), β_j é o efeito do j -ésimo nível do fator β (restrição ou não de água), $\alpha\beta_{ij}$ é o efeito da interação entre a e b , e ϵ_{ijk} é o erro aleatório.

Para comparações diretas dentro de cada tratamento (cada animal como sua própria unidade), foi aplicado o teste t pareado. Além das comparações pareadas, as variáveis foram analisadas no contexto do modelo de efeitos mistos para avaliar efeitos principais e interação entre fatores.

O modelo estatístico: $Y_{ijk} = \mu + P_k + \alpha_i + M_j + (\alpha M)_{ij} + A_k(i) + \epsilon_{ijk}$

Onde: Y_{ijkl} é a resposta contínua observada; μ é média geral; P_k é o efeito do bloco (k = grupos de peso); a_i = efeito fixo do i -ésimo tratamento (palma *in natura* ou ensiladas e com água restrita); M_j é efeito fixo do j -ésimo momento de coleta (restrição e reidratação); $(\alpha M)_{ij}$ é a interação tratamento \times momento; $A_k(i)$ é o efeito aleatório do animal, e ϵ_{ijk} é o erro aleatório.

4. RESULTADOS

Não houve interação entre o tipo de volumoso e de oferta de água ($P > 0,05$) para a maioria das variáveis-resposta estudadas, exceto a retenção de água, o balanço hídrico com a interrupção da sequência circasseptana da oferta de água de beber através do fornecimento direto de água por meio de bebedouro e os índices de excreção de ureia no tempo total. Dessa forma, os efeitos do tipo de volumosos e de oferta hídrica serão apresentados de forma independentes, conforme as tabelas a seguir. Para aquelas variáveis cuja interação foi verificada ($P < 0,05$), os efeitos serão descritos e discriminados, após a apresentação dos resultados.

Comportamento ingestivo

Tabela 3. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma com e sem restrição de água

Variável	Volumoso		Água		P - Valor			EPM
	PIN + Feno ¹	SPF ²	Com	Sem	Palma	Água	V x A	
CMS (kg)	1,13	1,38	1,35	1,16	<0,0001	0,0002	0,7622	0,075
TAL (h/dia)	2,60	2,76	2,82	2,54	0,4469	0,1850	0,4531	0,45
TRU (h/dia)	6,92	7,87	7,54	7,25	0,007	0,3963	0,7362	0,53
TOC (h/dia)	14,48	13,38	13,65	14,21	0,0053	0,1365	0,9087	0,96

PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85, SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85; TAL – Tempo Alimentando; TRU – Tempo Ruminando; TOC – Tempo em ócio, e V x A – interação volumoso x água.

A dieta contendo palma forrageira ensilada promoveu aumento ($P < 0,05$) no tempo despendido em ruminação pelos ovinos, concomitantemente à redução ($P < 0,05$) do tempo destinado ao ócio, quando comparados aos animais alimentados com palma *in natura*, indicando modificação no padrão de comportamento ingestivo.

Balanço hídrico

Tabela 4. Balanço hídrico de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma com e sem restrição de água

Variável	Palma		Água		P – Valor			EPM
	PIN + Feno	SPF	Com	Sem	Palma	Água	V x A	
Ingestão de água (kg)								
IAA	4,26	4,96	5,03	4,19	0,0004	<0,0001	0,0865	0,339
IAL	0,53	1,01	0,77	-	0,0116	-	-	0,086
ITA	4,52	5,47	5,81	4,19	<0,0001	<0,0001	0,3307	0,340
Perdas sensíveis e retenção aparente de água (kg)								
AEU	1,28	0,97	1,39	0,86	0,0218	0,0002	0,8894	0,071
AEF	1,04	1,00	1,16	0,88	0,5021	0,0002	0,3616	0,102
ETA	2,32	1,97	2,55	1,74	0,0261	<0,0001	0,7849	0,103
AR	2,20	3,50	3,26	2,45	<0,0001	<0,0001	0,1571	0,270
Excreção de água (%)								
AEF	45,87	52,02	46,43	51,46	0,0317	0,076	0,0810	0,039
AEU	54,13	47,98	53,57	48,54	0,0317	0,076	0,0810	0,039
Balanço hídrico (%)								
BH	48,37	64,21	55,19	57,39	<0,0001	0,3652	0,6930	2,429

P - IN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85, SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85; ITA - Ingestão Total de Água; IAL - Ingestão de Água Livre no bebedouro; IAA - Ingestão de Água através do Alimento; ETA - Excreção Total de Água; AEU - Água Excretada na Urina; AEF - Água Excretada nas Fezes; ABS - Água Absorvida; AR - Água Retida; BH - Balanço Hídrico, e V x A – interação volumoso x água.

Na comparação entre os tipos de volumoso, a silagem a base de palma e capim Tifton proporcionou maior ($P < 0,05$) consumo de matéria seca, de água através da dieta e ingestão de água no bebedouro, acarretando maior ingestão de água total. A silagem também promoveu um aumento da proporção das perdas de água através das fezes. Em relação às perdas urinárias de água, contudo, em valores absolutos, o quantitativo de água perdido através das fezes não variou entre os volumosos ($P > 0,05$). Por outro lado, a silagem de palma reduziu ($P < 0,05$) a quantidade de água na urina, bem como a excreção proporcional de água urinária em relação à água ingerida, resultando em menor excreção total de água. Esta redução favoreceu maior eficiência no uso da água ($P < 0,05$), evidenciada pelo aumento da quantidade de água retida e pela melhora no balanço hídrico.

Ao comparar animais submetidos à restrição hídrica com aqueles com acesso livre à água, observou-se que a restrição promoveu menor ($P<0,05$) consumo de matéria seca, menor ingestão de água via dieta e, conseqüentemente, menor ingestão de água total. Além disso, verificou-se menor excreção de água pela urina e fezes, refletindo em redução da excreção total e da retenção de água. Houve tendência ($P<0,10$) de redução da proporção de água nas fezes e na urina em relação à água ingerida, como apresentado na Tabela 3.

A interrupção da sequência circasseptana da oferta de água de beber através do fornecimento direto de água por meio de bebedouro reduziu ($P<0,05$) o consumo de matéria seca, refletindo em menor ingestão de água via dieta. Com a reidratação, também se observou aumento na excreção urinária de água, o que elevou a excreção total e reduziu a eficiência de uso da água, com diminuição do balanço hídrico (Tabela 5).

Tabela 5. Balanço hídrico de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma, hidratados após a restrição de água

Variável	Palma		Tempo		P - Valor			EPM
	PIN + Feno	SPF	Restrito	Reidratado	Palma	Tempo	V x T	
Ingestão de água (kg)								
IAA	3,39	3,41	3,72	3,09	0,9323	0,0071	0,7053	0,261
IAL	0,52	1,51	-	1,02	0,0399	-	-	0,252
ITA	3,68	4,14	3,72	4,10	0,1860	0,2543	0,1006	0,242
Excreção de água (kg)								
AEU	1,27	0,87	0,88	1,25	0,0012	0,0018	0,4861	0,107
AEF	0,86	0,99	0,88	0,96	0,1425	0,3555	0,1391	0,006
ETA	2,11	1,87	1,76	2,22	0,01166	0,0035	0,7416	0,088
AR	1,55	2,29	1,96	1,88	0,0032	0,7446	0,0354	0,223
Excreção de água (%)								
AEU	59,71	45,42	49,22	55,91	0,0002	0,0574	0,2264	0,038
AEF	40,29	54,58	50,78	44,09	0,0002	0,0574	0,2264	0,038
Balanço hídrico (kg/dia)								
BH	40,47	54,76	52,30	42,92	<0,0001	0,0024	0,0259	4,620

PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85, SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85; ITA - Ingestão Total de Água; IAL - Ingestão de Água Livre no bebedouro; IAA - Ingestão de Água através do Alimento; ETA - Excreção Total de Água; AEU - Água Excretada na Urina; AEF - Água Excretada nas Fezes; ABS - Água Absorvida; AR - Água Retida; BH - Balanço Hídrico, e V x A – interação volumoso x água.

Verificou-se interação ($P < 0,05$) entre os fatores silagem e consumo de água para as variáveis água retida e balanço hídrico (Tabela 5). Após a interrupção da restrição de acesso à água de beber e o fornecimento direto de água por meio de bebedouros, os animais que receberam silagem de palma apresentaram maior retenção hídrica (2,51 kg) em comparação aos que receberam palma *in natura* (1,26 kg). No período de restrição hídrica, entretanto, as médias de retenção de água foram semelhantes entre os tratamentos, independentemente do volumoso fornecido, com valores de 2,08 kg para a silagem de palma e 1,84 kg para a palma *in natura*, diferindo das observadas após o restabelecimento do acesso à água.

O balanço hídrico após a reidratação foi menor para os animais que recebiam palma *in natura*, com 32,46%, em relação aos que recebiam silagem. As médias para os animais que recebiam silagem durante a restrição de água, após a reidratação e animais que receberam palma *in natura* durante o período de restrição, foram superiores e não diferiram entre si ($P > 0,05$), 56,12, 53,39 e 48,49%, respectivamente.

Metabólitos sanguíneos

Tabela 6. Metabólitos sanguíneos de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma com e sem restrição de água

Variável	Palma		Água		P - Valor			EPM
	PIN + Feno ¹	SPF ²	Com	Sem	Palma	Água	V x A	
Perfil energético e proteico								
Glicose (mmol/L)	4,37	4,12	4,25	4,24	0,0517	0,8966	0,7227	1,85
Frutosamina (mmol/L)	120,43	117,59	121,80	116,21	0,4722	0,1621	0,6716	1,95
Colesterol (mmol/L)	10,17	10,71	10,65	10,23	0,4173	0,5358	0,1682	1,32
HDL (mg/dL)	22,16	22,86	23,50	21,52	0,5712	0,1156	0,5428	0,85
LDL (mg/dL)	14,96	16,29	14,77	16,49	0,4058	0,2848	0,2556	1,01
Triglicerídeos (mmol/L)	0,17	0,22	0,21	0,18	0,0227	0,2250	0,7507	1,18

Lactato (mmol/L)	1,03	1,11	1,13	1,00	0,3367	0,1233	0,7771	0,45
Ureia (mmol/L)	5,26	6,15	6,06	5,36	0,0026	0,0156	0,0456	1,54
Creatinina (µmol/L)	43,32	45,09	44,20	44,20	0,4759	0,8232	0,1176	0,03
Ácido úrico (mmol/L)	1,19	1,19	1,19	1,19	0,7590	0,5152	0,9036	0,00
Proteína (g/dL)	5,41	5,48	5,52	5,38	0,6617	0,4101	0,1555	0,12
Albumina (g/dL)	2,62	2,64	2,67	2,59	0,7659	0,2585	0,4589	0,06
Globulina (g/dL)	2,79	2,84	2,84	2,79	0,6698	0,6350	0,1297	0,15
A:G (g/dL)	0,96	0,94	0,96	0,94	0,4668	0,6040	0,1913	0,06
Atividade Enzimática (U/L)								
AST	98,20	96,66	98,30	96,56	0,7554	0,7254	0,4172	3,33
GGT	48,72	47,94	48,31	48,36	0,7910	0,9846	0,3254	7,85
ALT	18,56	17,61	19,06	17,10	0,5547	0,2300	0,6321	2,22
FA	437,22	384,49	402,61	419,11	0,1858	0,6754	0,9194	26,43
Minerais								
Cálcio (mmol/L)	2,29	2,38	2,38	2,28	0,1129	0,0817	0,8387	0,45
Magnésio (mmol/L)	1,93	1,90	1,92	1,91	0,4583	0,7165	0,9698	0,04
Fósforo (mmol/L)	2,61	2,46	2,68	2,39	0,2948	0,0521	0,6212	0,32
Ca _i (mmol/L)	1,39	1,44	1,43	1,39	0,0471	0,0692	0,6566	0,24
Hormônio (pg/mL)								
Aldosterona	54,78	54,24	53,57	55,45	0,9291	0,7529	0,0590	5,93

PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85, SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85; Ca_i – Cálcio iônico; A:G – relação albumina:globulina, e V x A – interação volumoso x água

Entre os volumosos, a silagem de palma e capim tifton influenciou (P<0,05) os parâmetros sanguíneos, com maiores concentrações de triglicédeos, ureia e cálcio iônico nos animais alimentados com silagem de palma, em comparação àqueles que receberam palma *in natura*, além de tendência (P<0,10) a maiores níveis de glicose.

Quanto à restrição hídrica e com aqueles com acesso livre à água, animais submetidos à restrição hídrica apresentaram menores (P<0,05) concentrações séricas de ureia e uma tendência em reduzir os níveis de cálcio iônico.

Tabela 7. Metabólitos sanguíneos de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma animais reidratados após restrição de água

Variável	Palma	Tempo	P - Valor	EPM
----------	-------	-------	-----------	-----

	PIN + Feno ¹	SPF ²	Restrito	Reidratado	Palma	Tempo	V x T	
Perfil energético e proteico								
Glicose (mmol/L)	4,37	4,07	4,24	4,20	0,0413	0,7657	0,9941	2,59
Frutosamina (mmol/L)	125,19	126,48	116,21	135,45	0,7859	0,0002	0,2264	6,30
Colesterol (mmol/L)	11,48	11,25	10,23	12,49	0,7461	0,0033	0,8290	1,45
HDL (mg/dL)	23,34	23,00	21,52	24,81	0,7606	0,0050	0,7971	0,75
LDL (mg/dL)	16,02	15,37	16,49	14,90	0,6607	0,2852	0,9183	1,02
Triglicerídeos (mmol/L)	0,18	0,22	0,17	0,22	0,0726	0,0469	0,8715	1,42
Lactato (mmol/L)	0,11	0,15	0,12	0,14	0,0176	0,2747	0,0523	0,10
Ureia (mmol/L)	5,95	5,89	5,36	6,49	0,8752	0,0039	0,3066	2,16
Creatinina (µmol/L)	46,85	43,32	44,20	45,97	0,0667	0,1174	0,4824	0,16
Ácido úrico (mmol/L)	1,19	1,78	1,19	1,78	0,5618	0,1966	0,2907	0,00
Proteína (g/dL)	5,83	5,64	5,38	6,09	0,1831	<0,0001	0,8795	0,16
Albumina (g/dL)	2,80	2,75	2,59	2,96	0,4437	<0,0001	0,7956	0,04
Globulina (g/dL)	3,03	2,89	2,79	3,13	0,0831	<0,0001	0,9664	0,30
A:G (g/dL)	0,94	0,96	0,94	0,95	0,4063	0,5862	0,8596	0,34
Atividade Enzimática (U/L)								
AST	100,26	103,94	96,56	107,64 55,41	0,4604	0,0310	0,8098	4,22
GGT	53,46	50,31	48,36		0,3502	0,0413	0,8701	6,32
ALT	17,87	16,68	17,10	17,45	0,3912	0,8025	0,4671	2,83
FA	420,71	395,08	405,51	410,28	0,4296	0,8824	0,6852	21,13
Minerais								
Cálcio (mmol/L)	2,40	2,45	2,28	2,57	0,4565	<0,0001	0,5068	0,23
Magnésio (mmol/L)	1,88	1,82	1,91	1,78	0,3594	0,0546	0,6619	0,10
Fósforo (mmol/L)	2,47	2,48	2,39	2,56	0,9715	0,3394	0,1934	0,56
Ca _i (mg/dL)	1,42	1,46	1,39	1,49	0,1895	0,0012	0,4678	0,13
Hormônio (ng/mL)								
Aldosterona	56,67	53,32	58,53	51,46	0,6101	0,2851	0,5868	7,32

PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85, SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85; Ca_i – iônico; A:G – relação albumina:globulina, e V x T – interação volumoso x tempo.

A interrupção do jejum de água, na oferta de água de beber através do fornecimento direto de água por meio de bebedouro promoveu aumento (P<0,05) em concentrações dos parâmetros sanguíneos, incluindo frutosamina, colesterol, HDL,

triglicerídeos, ureia, ácido úrico, proteínas totais, albumina, globulina, AST, GGT, cálcio total e cálcio iônico, além de tendência ($P < 0,10$) de redução nos níveis de magnésio.

Metabólitos urinários

Tabela 8. Metabólitos urinários de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma

Variável	Palma		Água		P - Valor			EPM
	PIN + Feno ¹	SPF ²	Com	Sem	Palma	Água	V x A	
Concentração								
Ureia (mmol/L)	2,40	3,43	2,55	3,28	0,0024	0,0291	0,6648	1,51
Creatinina (mg/dL)	48,10	65,52	47,23	66,39	<0,0001	<0,0001	0,0577	2,73
Cálcio (mmol/L)	0,83	1,40	1,02	1,22	<0,0001	0,0515	0,0798	0,28
Fósforo (mmol/L)	2,37	2,41	2,10	2,69	0,9261	0,1133	0,9389	0,79
Magnésio (mmol/L)	2,94	3,08	2,98	3,05	0,0011	0,0945	0,4431	0,08
Excreção diária								
Ureia (g)	18,25	20,33	21,56	17,02	0,4503	0,1035	0,0851	2,05
Creatinina (mg)	628,80	609,12	669,87	568,04	0,7321	0,0828	0,9870	47,72
Cálcio (mg)	45,11	54,37	57,72	41,77	0,1498	0,0158	0,9041	5,49
Fósforo (mg)	94,78	72,10	89,63	77,25	0,1034	0,3677	0,6189	9,59
Magnésio (mg)	96,36	76,93	106,01	67,28	0,0589	0,0004	0,7623	7,04

PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85, SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85, e V x A – interação volumoso x água.

Em comparação ao tipo de volumoso, a silagem de palma e capim tifton influenciou ($P < 0,05$) o aumento das concentrações de ureia, creatinina, cálcio e magnésio nos animais alimentados com silagem de palma. Em contrapartida, a excreção diária de magnésio apresentou tendência de redução ($P < 0,10$) nessa dieta.

Ao comparar animais submetidos à restrição hídrica com aqueles com acesso livre à água, a restrição hídrica via bebedouro aumentou as concentrações urinárias, evidenciado pela elevação da ureia e da creatinina, além de tendência de aumento ($P < 0,10$) das concentrações de cálcio e magnésio. Apesar do aumento da concentração

urinária, a excreção diária desses minerais foi reduzida à medida que os animais foram submetidos à restrição de água, conforme observado na diminuição ($P < 0,05$) da excreção de cálcio e magnésio e na tendência de redução ($P < 0,10$) da excreção de creatinina.

Tabela 9. Metabólitos urinários de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma, restritos antes e após hidratação

Variável	Palma		Tempo		P - Valor			EP M
	PIN + Feno ¹	SPF ²	Restrit o	Reidratad o	Palma	Tempo	V x T	
Concentração								
Ureia (mmol/L)	262,80	309,73	334,53	237,99	0,3341	0,0517	0,3569	25,6
Ácido Úrico (mg/dL)	12,63	16,19	15,64	13,17	0,1128	0,2664	0,7985	1,80
Creatinina (mg/dL)	48,35	69,33	66,39	51,29	0,0001	0,004	0,4246	2,70
Cálcio (mmol/L)	0,85	1,51	1,22	1,13	<0,000 1	0,4954	0,4646	0,08
Fósforo (mmol/L)	2,62	2,25	2,69	2,16	0,3970	0,2136	0,3893	0,50
Magnésio (mmol/L)	2,78	2,85	3,04	2,60	0,0032	<0,000 1	0,1363	0,02
Excreção diária								
Ureia (mg)	18907	13329	17020	15216	0,0344	0,4813	0,2696	1,44
Creatinina (mg)	588,25	550,67	567,94	570,97	0,3393	0,9381	0,6755	67,3
Cálcio (mg)	42,50	49,61	41,77	50,35	0,2110	0,1330	0,6052	9,03
Fósforo (mg)	100,77	56,97	77,24	80,50	0,0147	0,8494	0,4071	15,4
Magnésio (mg)	85,13	59,96	67,27	77,82	0,0005	0,1192	0,6835	6,54

PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85; SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85, e V x T – interação volumoso x tempo.

A interrupção do jejum, da oferta de água de beber através do fornecimento direto de água por meio de bebedouro apresentou diminuição ($P < 0,05$) das concentrações urinárias de creatinina e magnésio.

Tabela 10. Índices urinários de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma com e sem restrição de água

Variável	Palma		Água		P - Valor			EPM
	PIN + Feno ¹	SPF ²	Com	Sem	Palma	Água	V x A	

Índice de Excreção Urinária (mg/PC ^{0,75})								
Ureia	782,43	885,64	875,24	792,83	0,2494	0,3562	0,0461	62,35
Ácido Úrico	46,87	37,60	46,76	37,71	0,0413	0,0461	0,2594	3,097
Cálcio	2,73	3,51	3,45	2,79	0,0037	0,0146	0,7414	0,180
Fósforo	7,81	6,10	7,26	6,66	0,1214	0,5824	0,9199	0,762
Magnésio	9,74	8,15	10,44	7,45	0,0073	<0,0001	0,5457	0,416
Taxa de Excreção Fracional (%)								
Ureia	48,26	45,52	45,45	48,33	0,6399	0,6232	0,1063	4,165
Cálcio	0,38	0,46	0,45	0,39	0,0141	0,0812	0,6983	0,022
Fósforo	0,27	0,26	0,27	0,26	0,6608	0,7848	0,6926	0,275
Magnésio	1,62	1,39	1,72	1,29	0,1058	0,0031	0,1590	0,155
TDECr1 (mL/min/PC ^{0,75})	2,70	2,45	2,73	2,42	0,3714	0,2760	0,6575	0,34

PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85; SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85; ¹ Taxa de depuração endógena de creatinina, e V x A – interação volumoso x água.

Dentre a oferta do tipo de volumoso, a silagem de palma e capim tifton influenciou (P<0,05) os índices de excreção urinária, de modo que animais alimentados com silagem de palma apresentaram menores excreções de ácido úrico e magnésio, além de menor taxa de reabsorção tubular de cálcio, o que resultou em maior excreção desse mineral.

Ao comparar animais submetidos à restrição hídrica com aqueles com acesso livre à água, a restrição hídrica via bebedouro reduziu (P<0,05) as excreções de ácido úrico, cálcio e magnésio, concomitantemente ao aumento da taxa de reabsorção tubular de magnésio, com tendência (P<0,10) de elevação da taxa de reabsorção tubular de cálcio.

Observou-se interação (P<0,05) para a excreção de ureia, na qual animais alimentados com silagem de palma *in natura* com acesso à água apresentaram maior excreção de ureia, 1017,92 mg/PC^{0,75}, seguido por aqueles que consumiam água com restrição de água, 832,29 mg/PC^{0,75}. Esta média diferiu em relação à excreção de ureia dos animais que receberam silagem na dieta com restrição de água e aqueles que receberam palma *in natura* com acesso à água excretam menos quantidades de ureia, com 753,36 mg/PC^{0,75} e 735,56 mg/PC^{0,75}, respectivamente, que não diferiram entre si.

Tabela 11. Índices urinários de ovinos alimentados com palma *in natura* e silagem de palma, restritos antes e após hidratação

Variável	Palma		Tempo		P - Valor			EPM
	PIN + Feno ¹	SPF ²	Restrito	Reidratado	Palma	Tempo	V x T	
Índice de Excreção Urinária								
Ureia	836,56	653,57	792,83	697,29	0,0997	0,3833	0,3428	76,14
Ácido Úrico	2,33	2,40	2,37	2,37	0,8099	1,0000	1,0000	0,15
Cálcio	2,65	3,56	2,79	3,42	0,0045	0,0453	0,9066	0,27
Fósforo	6,90	5,40	6,20	6,11	0,1317	0,9270	0,5410	1,26
Magnésio	8,94	7,08	7,45	8,58	0,0092	0,1020	0,9023	0,35
Taxa de Excreção Fracional (%)								
Ureia	46,88	37,49	42,15	42,22	0,0591	0,9882	0,9486	4,71
Cálcio	0,39	0,46	0,39	0,45	0,1416	0,1606	0,9749	0,03
Fósforo	0,67	0,43	0,31	0,81	0,0118	<0,0001	0,0926	0,10
Magnésio	1,65	1,27	1,28	1,63	0,0106	0,0162	0,9324	0,08
TDECr1 (ml/min/PC 0,75)	2,41	2,30	2,42	2,28	0,6225	0,5075	0,9193	0,34

PIN + feno - palma *in natura* e feno de capim Tifton 85; SPF - Silagem de Palma com Feno de capim Tifton 85; ¹ Taxa de depuração endógena de creatinina, e V x T – interação volumoso x tempo.

Ao interromper o jejum hídrico, a oferta de água de beber através do fornecimento direto de água por meio de bebedouro resultou em maior excreção de cálcio (P<0,05) e em redução (P<0,05) das taxas de reabsorção tubular de fósforo e magnésio.

5. DISCUSSÃO

Palma in natura e silagem de palma

O aumento no tempo de ruminação e diminuição do tempo de ócio dos animais submetidos à dieta com a silagem de palma deve-se ao maior teor de FDN e baixo teor de CNF da dieta, e estes parâmetros tendem a ser inversamente proporcionais. O tempo de alimentação não diferiu entre os tratamentos. Silva *et al.* (2021) observaram a diminuição do tempo de ruminação e maior tempo de ócio, quando os animais recebiam menores quantidades de fibra, num estudo com dietas à base de silagem de palma forrageira. Lins (2023) verificou um maior tempo de ruminação em cordeiros alimentados com silagem de palma em relação aos alimentados com palma *in natura*, devido ao aumento da ingestão de FDN.

A ingestão de matéria seca foi influenciada pelo teor de matéria seca das dietas, de modo que a silagem de palma forrageira favoreceu a ingestão em relação à palma *in natura*. Este aumento no consumo da dieta foi suficiente para aumentar também o consumo de água via alimento. A ingestão de água direta diminuiu à medida que os animais recebem a palma forrageira na dieta, corroborando os resultados reportados por Silva (2018).

Tanto a quantidade de urina, quanto a proporção de urina em relação à água ingerida foram aumentadas quando os animais foram submetidos à palma *in natura*, mecanismo influenciado pela homeostase por conter alta concentração de eletrólitos com efeito diurético (Silva, 2018; Neto *et al.*, 2016). O aumento na excreção urinária de água é reflexo da ingestão do oxalato contido na palma *in natura* (Silva, 2018). Van Metre & Divers (2006) explicaram que forragens com elevado teor de cálcio, concomitante ao alto teor de oxalato, favorecem o aumento da excreção deste elemento na urina. A excreção de água na urina foi suficiente para diminuir a eficiência de uso da água em animais que receberam a palma *in natura*, mesmo com a menor porcentagem de excreção de água em relação à água ingerida.

A ensilagem da palma *in natura*, caracterizada por elevado teor de oxalatos, possivelmente promoveu ajustes fisiológicos relevantes na regulação hídrica e mineral dos cordeiros. Como foi observado, a ingestão total de água foi menor nos tratamentos com volumoso à base de palma *in natura*, porém, com maior perda hídrica, especialmente pela via urinária, indicando alteração no padrão de manejo da água corporal, e não um simples reflexo da ingestão hídrica. O mecanismo de excreção de urina ter reduzido em animais alimentados com silagem pode ser devido ao oxalato, pois este composto é degradado por BAL, quando as forragens são dispostas em meio anaeróbico no interior do silo (Campieri *et al.*, 2001).

A água é um importante componente na digestão de proteínas, carboidratos e lipídeos pela alta capacidade de hidrolisar estes nutrientes e, conseqüentemente, aumenta a absorção dos mesmos (da Silva, 2023). A silagem de palma apresentou maiores conteúdos de proteína bruta, lipídios e FDN, o que pode estimular uma maior busca ao bebedouro devido ao incremento de calor do processo digestivo.

A dieta composta por silagem apresentou, em sua composição, teor de EE ligeiramente superior, o que pode ter resultado no aumento das concentrações séricas de triglicerídeos. Segundo González e Silva (2022), os níveis de triglicerídeos aumentam após a ingestão de alimentos ricos em gordura. Neste caso, o resultado parece não estar relacionado ao efeito direto do tipo de volumoso ofertado aos animais, e, sim, da composição das dietas.

A ureia sanguínea nos animais alimentados com silagem de palma deve-se à quantidade de PB da dieta que pode ter relação com o aumento de nitrogênio na silagem. O comportamento da elevação sérica de ureia, não aumentando as taxas de creatinina, que se mantiveram baixas, mostra que não houve disfunção renal. Silva et al. (2023), ao aumentar a inclusão de palma forrageira, em dietas de ovinos, avaliou desequilíbrio dos minerais sanguíneos sem afetar a função renal.

O cálcio iônico, forma fisiologicamente ativa do cálcio, foi maior ou menor nos animais submetidos à dieta com silagem. Os valores mantiveram-se dentro do intervalo aceitável (Tabela 5) de 4,4 a 5,6 mg/dL (Littledike & Goff, 1987). Além disso, a palma *in natura* possui o oxalato, que é atenuado pelo processo de ensilagem, que liga ao cálcio, tornando menos disponível, refletindo nas concentrações sanguíneas em relação ao cálcio iônico.

Em relação aos índices urinários, o oxalato se liga ao cálcio, formando o oxalato de cálcio, tornando-o mais estável e menos solúvel. Estes cristais de cálcio passam intactos pelo trato digestivo, sendo excretado nas fezes (Ward *et al.*, 1979; Marais *et al.*, 1997) devido ao processo de reabsorção nos rins, pelo qual o hormônio da paratireoide aumenta os mecanismos de reabsorção renal desse mineral, reduzindo sua perda urinária (Silva *et al.*, 2023). Silva *et al.* (2024) verificaram o balanço de macrominerais em cordeiros alimentados com palma forrageira, de 0,3 a 0,5% do total excretado de cálcio, nas fezes. Isto reflete o aumento em parâmetros que indicam a eficiência na reabsorção de cálcio a nível renal (Silva *et al.*, 2023). Maiores níveis de reabsorção são encontrados à medida que a dieta é deficiente em cálcio (Buzinaro *et al.*, 2006), neste caso, o cálcio está menos disponível, pois a presença de oxalato reduz a sua absorção em até 20% (Blaney *et al.*, 1982).

Em contraste, o fornecimento de palma ensilada dispensa o animal desse esforço na regulação do cálcio, levando o magnésio a um comportamento distinto ao observado

para o cálcio. O índice de excreção urinária do magnésio foi menor, junto da tendência de aumentar a reabsorção tubular, apesar das concentrações séricas estarem elevadas, considerando os valores de referência 0,9 a 1,15 mmol/L (González e Silva, 2022). Embora o magnésio também possa formar complexos com oxalatos, sua regulação renal é mais sensível a alterações na concentração plasmática e no fluxo tubular. Este achado é fisiologicamente esperado em ruminantes, uma vez que a reabsorção renal de Mg ocorre predominantemente na alça espessa de Henle por via paracelular, sendo altamente dependente do gradiente eletroquímico e do tempo de contato tubular (Martens *et al.*, 2018).

A maior biodisponibilidade mineral e o menor volume urinário associados ao volumoso ensilado podem ter elevado a carga filtrada de magnésio, superando a capacidade de reabsorção tubular, resultando em maior excreção fracionada. Além disso, diferentemente do cálcio, o magnésio apresenta menor controle hormonal, o que pode explicar sua resposta divergente.

Em condições de menor disponibilidade de água no organismo animal, a aldosterona é secretada pelo córtex adrenal com a finalidade de reter o sódio e água, contribuindo, assim, para a manutenção do volume plasmático (Costa *et al.*, 2025). Este mecanismo se inicia com o reflexo do receptor de volume atrial que ajuda a restaurar o volume sanguíneo e estimula a liberação do hormônio renina a partir dos rins. A renina atua elevando a produção do hormônio angiotensina II, aumentando a produção do hormônio aldosterona, que atua diminuindo a quantidade de sódio excretada pelos rins e faz com que o corpo conserve o sódio disponível. A diminuição da excreção de sódio e redução do fluxo urinário resulta na conservação de fluido corporal. A conservação do fluido corporal restabelece o volume sanguíneo ao nível normal (Klein, 2015).

A ausência de efeito da aldosterona nesse processo reforça que as alterações observadas na excreção de Mg não foram mediadas por mecanismos clássicos de retenção de sódio ou ajuste de volume extracelular, ou seja, ocorreu sem ativação do eixo renina-angiotensina-aldosterona e por efeitos diretos do fluxo tubular e da priorização fisiológica do cálcio. Assim, o rim atuou seletivamente, conservando Ca e permitindo maior perda de Mg, sem comprometer o equilíbrio hidroeletrólítico global, sugerindo que a maior perda urinária de água não esteve associada à hipovolemia efetiva, distúrbios de sódio ou alterações pressóricas relevantes, caracterizando um mecanismo de diurese funcional,

provavelmente relacionado à carga osmótica e ao fluxo tubular, e não a um estímulo clássico de regulação hidrossalina.

Em adição, os marcadores clássicos de função renal, como creatinina e ácido úrico plasmáticos, permaneceram inalterados e confirmados pela manutenção da taxa de filtração glomerular e da capacidade global de excreção renal. O maior índice de excreção urinária de ácido úrico, sem alteração de sua concentração sanguínea, reforça a interpretação de um efeito hemodinâmico e tubular funcional, associado ao aumento do fluxo urinário e à menor eficiência de reabsorção proximal, e não de disfunção renal. A estabilidade das enzimas hepáticas GGT, AST, ALT e fosfatase alcalina também confirmaram que as alterações metabólicas e minerais observadas não estiveram relacionadas à lesão hepática ou renal.

Regime de hidratação

Os resultados demonstram que a adoção de ciclos de restrição promoveu respostas fisiológicas consistentes e independentes do volumoso fornecido, indicando um ajuste sistêmico predominantemente relacionado à disponibilidade de água, e não à composição específica da dieta volumosa à base de palma forrageira.

A restrição da oferta hídrica não influenciou os parâmetros de TAL, TRU e TOC. Corroborando o observado por Lima (2022), ao identificar que o tempo de ingestão e ruminação dos alimentos, estes não foram afetados pela restrição hídrica, mostrando eficiência no uso da água. O teor de fibra influencia o aumento da saliva, permitindo a deglutição do bolo alimentar.

Animais sob restrição de água diminuíram o consumo de matéria seca, o que corrobora o estudo de Umunna *et al.* (1981), que observaram redução na ingestão de alimentos em ovinos submetidos à privação hídrica. A restrição hídrica pode afetar a eficiência digestiva, resultando em uma menor taxa de passagem e, em consequência, menor consumo do alimento. Isto induz a redução do volume urinário e produção de fezes mais secas sob a ação da vasopressina, além de aumentar a reabsorção de água no trato gastrointestinal (Olsson *et al.*, 1997; Jaber *et al.*, 2013).

A eficiência de retenção hídrica, expressa como percentual da água ingerida, permaneceu inalterada, evidenciando uma capacidade adaptativa eficiente dos animais

em preservar a homeostase hídrica, mesmo sob oferta intermitente de água. Sob a restrição de acesso direto à água de beber, as dietas de ambos e os tratamentos apresentaram elevados teores de umidade (70 a 77%), o que possibilitou uma ingestão hídrica de aproximadamente 3,60 a 3,75 kg de água por kg de matéria seca consumida, valor próximo ao proposto por Squires (1988).

Os metabólitos sanguíneos continuaram amplamente inalterados, incluindo aqueles tradicionalmente associados à volemia e ao estado de hidratação, como proteínas plasmáticas e creatinina. A ureia é resultante da degradação das proteínas pelos microrganismos do rúmen, e quanto maior a concentração de proteína degradável no rúmen, maior quantidade de amônia transformada em ureia no fígado, pelo qual contribui em maior excreção (Vieira *et al.*, 2008; Soares *et al.* 2006, Pordeus Neto *et al.*, 2016). A redução da concentração de ureia plasmática provavelmente reflete o menor consumo alimentar e, conseqüentemente, menor produção hepática de ureia, mais do que um efeito direto da restrição hídrica. A ausência de alterações na creatinina sérica e na taxa de depuração endógena de creatinina confirma a manutenção da taxa de filtração glomerular, indicando que a função renal global não foi comprometida.

A falta de efeito para a aldosterona sugere que a restrição de água para o organismo animal foi possível de ser regulada pelo volume de água urinário, sem necessidade de acionar qualquer comando de controle endócrino para regular a homeostase entre os eletrólitos intra e extracelulares. Os efeitos sobre os animais restritos são minimizados devido ao rúmen atuar como um importante reservatório de água, fornecendo a maior parte da água perdida durante períodos prolongados de hemoconcentração, a fim de manter o volume sanguíneo. Além disso, permite a ingestão de grandes volumes de água durante a reidratação, que ficam temporariamente retidos no rúmen (Jaber *et al.*, 2013). Assim, os ajustes observados parecem decorrer, principalmente, de mecanismos renais intrínsecos, especialmente do nível tubular.

No que se refere aos parâmetros urinários, a restrição hídrica resultou em urina mais concentrada, evidenciada pelo aumento das concentrações de ureia e creatinina e pelo aumento da excreção urinária de cálcio e magnésio, indicando que a maior concentração urinária não se traduziu em retenção absoluta desses minerais. Os índices de excreção urinária de ácido úrico, Ca e Mg diminuíram, o que indica maior eficiência de reabsorção tubular frente à menor oferta hídrica. Este achado é corroborado pelo

aumento da taxa de reabsorção tubular do cálcio e, de forma ainda mais pronunciada, do magnésio, mineral cuja regulação renal é altamente dependente do fluxo tubular e das condições de concentração do filtrado.

O comportamento do aumento da excreção absoluta diária e da redução do índice de excreção pode ser explicado pela combinação de menor volume urinário, maior concentração do filtrado e manutenção da filtração glomerular, o que eleva a carga filtrada diária, mesmo diante de uma reabsorção proporcionalmente mais eficiente.

Entretanto, as respostas observadas caracterizam predominantemente mecanismos adaptativos precisos, sobretudo no nível tubular renal, voltados à otimização da retenção hídrica e do manejo mineral, sem evidências de comprometimento funcional ou instalação de quadros patológicos. Assim, a manutenção do comportamento ingestivo, associada à ausência de alterações nas enzimas hepáticas (AST, ALT, GGT e FA), nos metabólitos indicativos de função renal e volemia, na depuração endógena de creatinina e nos níveis de aldosterona, sugere que os animais não foram submetidos a estresse fisiológico relevante, nem a ajustes metabólicos de maior severidade.

A água proveniente do alimento foi suficiente para sustentar a homeostase hídrica e mineral dos animais, mesmo sob regime de restrição hídrica, indicando que a oferta contínua de água pode não ser estritamente necessária em condições semelhantes, desde que a dieta apresente adequada contribuição hídrica e que os desafios ambientais e fisiológicos permaneçam moderados.

Reposição do acesso à água de beber

A ingestão intensa, em um curto intervalo de tempo, a cada sete dias de restrição, da água de beber desencadeou respostas fisiológicas com ajuste hemodinâmico e renal transitório, sem evidências de comprometimento funcional sistêmico. A maior parte das variáveis avaliadas não apresentou interação entre tipo de volumoso e momento de avaliação, indicando que a resposta à ingestão concentrada de água foi predominantemente sistêmica e pouco dependente da forma do alimento fornecido. Entretanto, diferenças observadas na retenção hídrica e no balanço hídrico indicam modulação parcial pelo tipo de volumoso.

Jaber *et al.* (2013) afirmaram que a restrição hídrica influencia o comportamento de ingestão de água, visto que pequenos ruminantes privados de água tendem a ingerir grandes volumes em um único episódio quando a água é disponibilizada. Este comportamento ocasiona uma menor capacidade ruminal para ingestão de alimento, diminuindo o consumo de matéria seca. Da Silva (2013) afirmou que pequenos ruminantes chegam a ingerir até 10 L/dia e voltam a ingerir água cerca de dois dias depois. Após ingestão média de 1,02 kg de água em dez minutos, observou-se um aumento da excreção urinária de água e da excreção total, resultando em redução da eficiência de uso da água nas 24 horas subsequentes. Este padrão sugere que a expansão volêmica inicial foi seguida por resposta excretora proporcionalmente elevada, caracterizando um ajuste compensatório ao volume ingerido de maneira concentrada.

A interação observada para retenção hídrica e balanço hídrico evidencia que o tipo de volumoso influenciou a eficiência da reidratação. Após o acesso à água, os animais que recebiam volumoso à base de silagem de palma apresentaram maior retenção (2,51 kg) em comparação aos que recebiam volumoso à base de palma *in natura* (1,26 kg). Na fase de restrição, as médias entre volumosos eram semelhantes, indicando que a diferença emergiu especificamente no momento após a reidratação. De forma semelhante, o balanço hídrico foi inferior nos animais alimentados com palma *in natura* após o acesso à água. Estes resultados sugerem que a silagem favoreceu maior incorporação da água ingerida ao compartimento corporal, enquanto a palma *in natura* esteve associada à menor eficiência de retenção no período imediatamente subsequente à reidratação. Considerando que a ensilagem reduz o teor de oxalatos, é plausível que diferenças na disponibilidade mineral e na dinâmica osmótica tenham contribuído para esta resposta diferenciada, embora o padrão geral tenha sido amplamente independente do volumoso.

Quatro horas após a ingestão de água, observou-se um aumento das concentrações plasmáticas de proteínas totais, albumina, globulinas, ureia, ácido úrico, lipídios, frutosamina, AST, GGT e cálcio total e ionizado. A interpretação dessas alterações deve considerar a cinética biológica desses marcadores. Albumina, globulinas, frutosamina e GGT possuem meia-vida prolongada, variando de dias a semanas, o que inviabiliza o aumento por síntese em um intervalo de apenas quatro horas. Semelhantemente, elevações reais de AST associadas à lesão celular não ocorreriam de maneira transitória e simultânea a múltiplos analitos sem evidência clínica ou funcional adicional.

O aumento generalizado desses parâmetros é compatível com hemoconcentração transitória, possivelmente decorrente de rápida expansão volêmica seguida por aumento do fluxo urinário nas horas subsequentes, resultando em eliminação hídrica proporcionalmente elevada antes da coleta sanguínea. Este mecanismo é corroborado pelo aumento da excreção total de água nas 24 horas subsequentes e pela ausência de alterações na depuração endógena de creatinina, nos índices de excreção urinária e na aldosterona. A estabilidade desses indicadores confirma a preservação da função renal e da regulação hidroeletrólítica sistêmica (Júnior *et al.*, 1999; Diaz González & Scheffer, 2018).

A redução das taxas de reabsorção tubular de P e Mg após o acesso à água sugere aumento do fluxo tubular e menor tempo de contato para reabsorção nesses segmentos, fenômeno esperado após expansão volêmica aguda. A diminuição das concentrações urinárias de creatinina e magnésio, sem alteração na excreção total diária, reforça a interpretação de diluição urinária associada ao aumento do fluxo, e não de alteração na carga filtrada ou na função tubular estrutural.

Assim, os resultados indicam que a reidratação concentrada após período adaptativo não promoveu melhora sustentada do balanço hídrico e desencadeou resposta excretora compensatória de curta duração. A ausência de alterações hormonais relevantes, de comprometimento da filtração glomerular ou de evidências bioquímicas de injúria hepática ou renal sugere que o sistema regulatório permaneceu íntegro e funcional. Dessa forma, a ingestão concentrada de água após restrição de acesso ao bebedouro induziu ajustes transitórios predominantemente hemodinâmicos e renais, sem repercussões metabólicas profundas.

Tais achados são corroborados por Laden *et al.* (1987), que apontam que os animais demonstraram capacidade de concentrar fortemente a urina sob hemoconcentração, além de aumentar o volume de água durante a reidratação, sem comprometer a homeostase. Estes resultados reforçam que, nessas condições específicas, os animais mantiveram estabilidade fisiológica durante a restrição hídrica e que a reidratação aguda representou um evento compensatório pontual, com modulação parcial pelo tipo de volumoso, mas sem impacto sistêmico relevante sobre a integridade funcional dos animais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos indicam que ovinos submetidos à restrição de acesso à água de beber, recebendo dietas à base de palma e mais de 68% de umidade, mantiveram estabilidade fisiológica, com preservação da função renal, hepática e dos mecanismos regulatórios hidroeletrólíticos. A silagem à base de palma forrageira destacou-se não apenas por promover maior retenção hídrica e melhor balanço após a reidratação, mas também por representar uma estratégia eficiente de preservação da água estrutural da planta.

A reidratação aguda após o período de restrição desencadeou ajustes transitórios predominantemente hemodinâmicos e renais, mas sem impacto funcional persistente. Estes resultados reforçam que os ovinos apresentaram elevada capacidade adaptativa à restrição do acesso à água de beber e que a ingestão concentrada de água não promove benefício fisiológico sustentado adicional em relação ao estado adaptado.

A preservação da água do alimento por meio da ensilagem é uma estratégia nutricional relevante para manutenção da homeostase hídrica em ovinos submetidos à oferta intermitente de água. A silagem de palma forrageira, ao conservar o teor hídrico da planta e reduzir compostos potencialmente interferentes como os oxalatos, mostra-se como uma ferramenta de manejo promissora para o uso estratégico em sistemas produtivos em ambientes de disponibilidade hídrica irregular, como as regiões semiáridas.

7. REFERÊNCIAS

- ALLISON, M. J.; LITLEDIKE, E. T.; JAMES, L. F., 1977: Changes in ruminal oxalate degradation rates associated with adaptation of oxalate ingestion. *Journal of Animal Science* 45, 1173–1179.
- ANTONIASSI, R.; WILHELM, A. E.; FREITAS, S. C.; SILVA, T. S.; SANTIAGO, M. C. P. de A.; CARVALHO, C. W. P.; FERREIRA, M. de A.; LOPES, F. C. F.; DOS SANTOS D. C.; DA GAMA, M. A.S. Embrapa Composição Química e Perfil de Ácidos Graxos de Cultivares de Palma Forrageira em Comparação a Outros Alimentos Utilizados na Dieta de Ruminantes. Embrapa Agroindústria de Alimentos. ISSN 0101-630, setembro, 2020.
- ARAÚJO, G. G. L. D.; VOLTOLINI, T. V.; CHIZZOTTI, M. L.; TURCO, S. H. N.; CARVALHO, F. F. R. D. 2010. Water and small ruminant production. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39, 326-336.
- BARBOZA, S. C. R.; OLIVEIRA, J. S.; SOUZA, M. T. C.; LIMA JÚNIOR, D. M.; LIMA, H. B.; GUERRA, R.R., 2019. Ovines submitted to diets containing cassava foliage hay and spineless cactus forage: histological changes in the digestive and renal systems. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 1689-1697.
- BATISTA, A. M. V.; RIBEIRO NETO, A. C.; LUCENA, R. B.; SANTOS, D. C.; DUBEUX J. B.; MUSTAFA, A. F. 2009. Chemical Composition and Ruminal Degradability of Spineless Cactus Grown in Northeastern Brazil. *Rangeland Ecology & Management*, 62, 297-301.
- BLANEY, B. J.; GARTNER, R. J. W.; HEAD, T. A. The effects of oxalate in tropical grasses on calcium, phosphorus and magnesium availability to cattle. *Journal of Agricultural Science*. v. 99, p.533-539, 1982.
- BRODY, S. 1964. Bioenergetics and growth: with special reference to the efficiency complex in domestic animals. Hafner Press.
- BÜRGER, P. J.; PEREIRA, J. C.; QUEIROZ, A. C. D.; COELHO DA SILVA, J. F.; VALADARES FILHO, S. D. C.; CECON, P. R.; CASALI, A. D. P. (2000). Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 29, 236-242.
- BUZINARO, E. F.; ALMEIDA, R. N.; MAZETO, G. M. (2006). Biodisponibilidade do cálcio dietético. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, 50, 852-861.
- CAMPIERI, C.; CAMPIERI, M.; BERTUZZI, V.; SWENNEN, E.; MATTEUZZI, D., STEFONI, S.; DE SIMONE, C. 2001. Reduction of oxaluria after an oral course of lactic acid bacteria at high concentration. *Kidney international*, 60(3), 1097-1105.
- CANTWELL, M. Manejo pós-colheita de frutas e verdura de palma forrageira. In: Barbera, G.; Inglese, P.; Barrios, E. P. (Ed.). *Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira*. Paraíba: SEBRAE/PB, p.123-139. 2001.

CAO, Y. N.; SUN, Y. R.; TANG, Y. M.; XIE, X. L.; LI, Q. Y.; MOU, F. Z.; SUN, H. X. (2024). Effect of high oxalic acid intake on growth performance and digestion, blood parameters, rumen fermentation and microbial community in sheep. *Small Ruminant Research*, 237, 107324.

CASAMASSIMA, D.; PIZZO, R.; PALAZZO, M.; D'ALESSANDRO, A. G.; MARTEMUCCI, G. 2008. Effect of water restriction on productive performance and blood parameters in comisana sheep reared under intensive condition. *Small Ruminant Research*, 78(1-3), 169-175.

CASAMASSIMA, D.; VIZZARRI, F.; NARDOIA, M.; PALAZZO, M. (2016). The effect of water-restriction on various physiological variables in intensively reared Lacaune ewes. *Veterinárni medicína*, 61(11), 623-634.

COSTA, C. D. J. P.; ARAÚJO, G. G. L. D.; MAGALHÃES, A. L. R.; DE ANDRADE, A. P.; TURCO, S. H. N.; MATOS, M. H. T. D.; GOIS, G. C. 2025. Physiological and Metabolic Responses to Water Restriction in Ewes Under Semi-Arid Conditions. *Veterinary Sciences*, 12(9), 790.

DANG, H. L.; OBITSU, T.; SUGINO, T. 2018. Effects of ensiling treatment for tuber crop forages and grain source on carbohydrate digestion, nitrogen utilization, and urea metabolism in sheep. *Animal Feed Science and Technology*, 243, 140-149.

da Silva, E. I. C. (2023). *A água na nutrição animal*. Instituto Agrônômico de Pernambuco.

DIAS, A. G. *et al.* Percepção de consumidores sobre produtos de origem caprina na cidade de Uberlândia, Minas Gerais. *Braz. J. Anim. Environ. Res.*, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 99-114, jul./set. 2018.

DIAZ GONZALEZ, F. H., & SCHEFFER, J. D. L. S. (2018). Perfil sanguíneo: ferramenta de análise clínica, metabólica e nutricional. Doze leituras em bioquímica clínica veterinária. Porto Alegre: LACVet, 2018. Cap. 3, p. 30-45.

DUTRA, I. C.; PIRES, A. J. V.; SANTOS, B. E. F.; SILVA, N. V.; PIO, L. P.; CRUZ, N. T.; SOUSA, M. P.; DUTRA, G. C. 2024. Forage cactus (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller) f. *Cactaceae* as an alternative for ruminant feeding. *Brazilian Journal of Science*, v. 3, n. 9, p. 33-41.

EL-KHODERY, S.; EL-BOSHY, M.; GAAFAR, K.; ELMASHAD, A., 2008: Hypocalcaemia in Ossimi sheep associated with feeding on beet tops (*Beta vulgaris*). *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 32, 199–205.

GODOI, P. F. A. 2018. Potencial de silagens à base de palma forrageira em dietas para ovinos no semiárido nordestino. Unidade acadêmica de garanhuns programa de pós-graduação em ciência animal e pastagens.

GOFF, J. P. 2018. Artigo de revisão convidado: mecanismos de absorção de minerais, interações minerais que afetam o equilíbrio ácido-base e o estado antioxidante, e considerações dietéticas para melhorar o estado mineral. *J. Dairy Sci.*, v.101, p.2763-2813.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. , 2022. Introdução à bioquímica clínica veterinária. ePub edição revista, atualizada e ampliada. Porto Alegre: [s.n.]. ISBN 978-65-00-43160-

GOMES, F. I. B. P.; ZANELLA, M. E. 2023. Histórico, causas e características da semiaridez do Nordeste do Brasil. *Geografares*, n. 37.

HOKAMA, S.; HONMA, Y.; TOMA, C.; OGAWA, Y., 2000: Oxalate-degrading *Enterococcus faecalis*. *Microbiology and Immunology* 44, 235–240.

IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2024. Produção Pecuária. 2023. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 29 Set.

INSA-Instituto Nacional do Semiárido. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. 2024. Disponível em <<https://www.gov.br/insa/pt-br>>. Acesso em: 08 Nov.

JABER, L.; CHEDID, M.; HAMADEH, S. (2013). Water stress in small ruminants. Responses of organisms to water stress, 115, 149.

JAMES, L. F. Oxalate Toxicosis. *Molecular Mechanisms of Heme Biosynthesis and Related Disorders*. Volume: 5, Issue: 2. 1972.

JARDIM, A. M. D. R. F.; DE MORAIS, J. E. F.; TANG, X.; DE SOUZA, L. S. B.; DE SOUZA, C. A. A.; DOS SANTOS, W. R.; DA SILVA, T. G. F. (2025). Energy balance, water use efficiency, and photochemistry of two globally cultivated rainfed cactus species. *Agricultural Water Management*, 311, 109385.

KING, J. M. 1983. Livestock Water Needs in Pastoral Africa in Relation to Climate and Forage. ILCA Res Report No. 7, Addis Ababa.

KLEIN, B. G. 2015. Controle Neural e Hormonal de Pressão e Volume Sanguíneos. *Cunningham tratado de fisiologia veterinária*. Elsevier Brasil. ISBN: 978-85-352-7102-7.

LADEN S.; NEHMADI L.; YAGIL R. Dehydration tolerance in Awassi fat-tailed sheep. *Canadian Journal of Zoology* 1987;65: 363–367.

LIMA, P. R. D. (2022). Respostas nutricionais e bioeconômicas de ovelhas mestiças santa inês em confinamento submetidas a redução da oferta hídrica.

LINCOLN, S. D.; BLACK, B., 1980: Halogeton poisoning in range cattle. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 176, 717–718.

LINS, D. D. V. (2023). Desempenho e comportamento ingestivo de cordeiros confinados alimentados com ração total in natura e ensilada a base de palma forrageira.

LITTLEDIKE, E. T.; GOFF, J. (1987). Interactions of calcium, phosphorus, magnesium and vitamin D that influence their status in domestic meat animals. *Journal of Animal Science*, 65(6), 1727-1743.

LUCENA R. B.; SILVA T. G. P.; BATISTA A. M. V.; RIET-CORREA F.; SILVA JÚNIOR V. A.; SOARES P. C.; SOUZA F. A. L.; GUIM A. 2018. Histopatologia dos rins de ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in natura e desidratada. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 38(Supl.), 408-410.

- MALONE, F. E. Health problems associated with intensification of sheep. *Irish Veterinary Journal* v.46, p.91-96, 1993.
- MARAIS, J. P.; BARNABAS, A. D.; FIGENSCHOU, D. L. Effect of calcium nutrition on the formation of calcium oxalate in kikuyugrass. In: *Proceedings of the XVIII International Grassland Congress, Canada*. p. 45. 1997.
- MARTENS, H.; LEONHARD-MAREK, S.; RÖNTGEN, M.; STUMPF, F. (2018). Homeostase de magnésio em bovinos: absorção e excreção. *Nutrition research reviews*, 31 (1), 114-130.
- MOIR, K.W. The determination of oxalic acid in plants. *Queensland J. Agric. Sci.*, 10 (March (1)) (1953), pp. 1-3.
- MOUSQUER, C. J.; FERNANDES, G. A.; DE CASTRO, W. J. R.; HOFFMANN, A.; SIMIONI, T. A.; FERNANDES, F. F. D. (2013). Comportamento ingestivo de ovinos confinados com silagens. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA*, 7(2), 301-322.
- NEWTON, G.L.; FONTENOT, J.; TUCKER, R.E. Effects of high dietary potassium intake on the metabolism of magnesium by sheep. *J. Anim. Sci.*, v.35, p.440-445, 1972.
- NETO P; SOARES, J.; BATISTA, P. C.; ANDRADE, Â. M. V.; ANDRADE, S. F; LUCENA, R. P.; GUIM, A. 2016. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 36, 322-328.
- NOBRE, I. S. Silagem de palma forrageira na alimentação de ovinos submetidos a ofertas intermitentes de água. (2017). s.n, Tese, VETTESSES. ID: vtt-207041.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL-NRC. Nutrient requirement of Small ruminants.1. ed. Washington: NAP, 362p. 2007.
- OLSSON K.; BENLAMLIH S.; HOSSAINI-HILALI J.; DAHLBORN K. Regulation of fluid balance in goats and sheep from dry areas. *Options Mediterranennes CIHEAM-IAMZ*. 1997;34: 159- 171.
- RADOSTITS, O. M.; GAY, C. C.; BLOOD, D. C.; HINCHCLIFF, K. W. *Clínica Veterinária*. 9. Ed. Rio De Janeiro: Guanabara Koogan, p. 17-37, 2002.
- RAHMAN, M. M.; ABDULLAH, R. B.; WAN KHADIJAH, W. E. (2013). A review of oxalate poisoning in domestic animals: tolerance and performance aspects. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 97(4), 605-614.
- REKIK, M.; BEN SALEM, H.; LASSOUED, N.; CHALOUATIA, H. AND BEN SALEM; I., 2010. Supplementation of Barbarine ewes with spineless cactus (*Opuntia ficus-indica* f. *inermis*) cladodes during late gestation-early suckling: Effects on mammary secretions, blood metabolites, lamb growth and postpartum ovarian activity, *Small Ruminant Research*, 90, 53-57.
- ROCHA, J. F.; PIMENTEL, R. R.; MACHADO, S. R. Estruturas secretoras de mucilagem em *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae): distribuição, caracterização morfoanatômica e histoquímica. *Acta Botanica Brasilica*, 25, 751-763. 2011.

- SAVAGE, G. P.; VANHANEN, L.; MASON, S. M.; ROSS, A. B., 2000: Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalate content of some New Zealand foods. *Journal of Food Composition and Analysis* 13, 201–206.
- SEGUIN, P.; MUSTAFA, A. F.; DONNELLY, D. J.; & GÉLINAS, B. 2013. Composição química e degradabilidade ruminal de nutrientes de forragem de amaranto fresca e ensilada. *Journal of the Science of Food and Agriculture* , 93 (15), 3730-3736.
- SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. Ovinocultura: criação e manejo de ovinos de corte. Brasília/DF: Senar, 2019.
- SERRANO, J. O.; VILLARES-GARACHANA, A.; CORREA-HERRERA, N.; GONZÁLEZ-MORALES, A.; PÉREZ-BONACHEA, L.; HERNÁNDEZ, L.; LORENZO, J. C. (2022). Impacts of short-term water restriction on Pelibuey sheep: physiological and blood parameters. *Tropical Animal Health and Production*, 54(1), 39.
- SILANIKOVE N. The struggle to maintain hydration and osmoregulation in animals experiencing severe dehydration and rapid rehydration: the story of ruminants. *Experimental Physiology* 1994;79: 281-300.
- SILVA, A. (2023). A realidade da caprinocultura e ovinocultura no semiárido brasileiro: um retrato do sertão do Araripe, Pernambuco. *PubVet*.
- SILVA, J. K. B. D. Silagens de rações a base de palma forrageira e capim buffel para ovinos em confinamento. 2018.
- SILVA, M. P.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, Â.; ARAUJO, C. M.; SOARES, P. C.; SOUZA, A. P.; MEDEIROS, A. N. (2023). Nutritional and mineral composition of *Opuntia stricta* Haw: Balance of macrominerals, renal function and blood metabolites in sheep. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 75, 333-346.
- SILVA, M. P.; CARVALHO, F. F. R.; BATISTA, Â., ARAUJO, C. M.; SOARES, P. C.; SOUZA, A. P.; MEDEIROS, A. N. 2023. Composição nutricional e mineral de *Opuntia stricta* Haw: Equilíbrio de macrominerais, função renal e metabólitos sanguíneos em ovinos. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* , 75 , 333-346.
- SILVA, T. G. P.; BATISTA, A. M. V.; GUIM, A.; SILVA JÚNIOR, V. A. S.; CARVALHO, F. F. R.; BARROS, M. E. G.; SOUSA, D. R.; Silva, S.M.C.. 2020. Histomorphometric changes of the fore-stomach of lambs fed diets containing spineless cactus genotypes resistant to *Dactylopius* sp. *Tropical Animal Health and Production*, 52, 1299-1307.
- SILVA, T. G. P.; LOPES, L. A.; BATISTA, Â. M.; NUNES, I. S.; PAIM, A. P. S.; MENDES, C. H. S.; CARVALHO, F. D. (2024). Balanço macromineral em cordeiros alimentados com dietas contendo espécies de palma forrageira. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* , 76 (4), e13157.
- DA SILVA, T. G. P.; MUNHAME, J. A.; BATISTA, Â. M. V.; DOS SANTOS NUNES, I.; PAIM, A. P. S.; SOARES, P. C.; DE CARVALHO, F. F. R. (2023). Macromineral status, water balance and kidney function of goats fed two cactus cladodes species. *Small Ruminant Research*, 229, 107150.

- SILVA, T. S.; DE ARAUJO, G. G. L.; SANTOS, E. M.; DE OLIVEIRA, J. S.; CAMPOS, F. S.; GODOI, P. F. A.; TURCO, S. H. N. (2021). Water intake and ingestive behavior of sheep fed diets based on silages of cactus pear and tropical forages. *Tropical Animal Health and Production*, 53(2), 244.
- SQUIRES, V. R. 1988. Water and its functions, regulation and comparative use by ruminant livestock. *The ruminant animal Digestive physiology and nutrition*. Englewood Cliff, New Jersey: Prentice Hall, 217-226.
- SOARES P. C.; MARUTA C. A.; SUCUPIRA M. C.; MORI C. S.; KITAMURA S. S.; ANTONELLI A. C; ORTOLANI E.L. 2006. Diagnóstico de carência energética em bovinos por testes de metabolismo ruminal. *Braz. J. Vet. Res. Anim. Sci.* 43:33-41.
- UMUNNA, N. N.; CHINEME, C. N.; SAROR, D. I.; AHMED, A.; ABED, S. (1981). Response of Yankasa sheep to various lengths of water deprivation. *The Journal of Agricultural Science*, 96(3), 619-622.
- UNANIAN, M. M.; ROSA, J. S.; SILVA, A. E. D. F. Urolitíase Experimental em Caprinos: possíveis causas e profilaxia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira Série Veterinária*. v.20, p. 467-474, 1985.
- USMAN, U. A.; DE MORAES, A. C. A.; DA SILVA, T. G. P.; BATISTA, Â. M. V.; SOARES, P. C.; DE ARAÚJO, C. A. S. C.; DA SILVA JÚNIOR, V. A. (2022). Kidney changes in lambs fed cactus pear varieties resistant to *Dactylopius opuntiae* as the only roughage. *Tropical Animal Health and Production*, 54(5), 311.
- VAN METRE D. C.; DIVERS T. J. 2006. Urolitíase, p.853-860. In: Smith B.P. (Ed.), *Medicina Interna de Grandes Animais*. 2ª ed. Manole, São Paulo.
- VALADARES FILHO, S.C.; LOPES, S.A.; SARAIVA, T.D. CQBAL 4.0. Tabelas Brasileiras de Composição de Alimentos para Ruminantes. 2023. Disponível em: www.cqbal.com.br
- VIEIRA E.L.; BATISTA A.M.V., MUSTAFA A.F., ARAÚJO R.F.S., SOARES P.C., ORTOLANI E.L.; MORI C.S. (2008). Effects of feeding high levels of cactus (*Opuntia ficus indica* Mill) cladodes on urinary output and electrolyte excretion in goats. *Livest. Sci.* 114:354-57.
- WARD, G.; HARBERS, L. H.; BLAHA, J.J. Calcium-Containing Crystals in Alfalfa: Their Fate in Cattle. *Journal of Dairy Science*. V. 62, n. 5, p. 715 –722, 1979.