

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**INCLUSÃO DE PALMA MIÚDA E UREIA EM SUBSTITUIÇÃO AO FENO DE
CAPIM TIFTON EM DIETAS PARA OVINOS**

ROBERT EMILIO MORA LUNA

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2020**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**INCLUSÃO DE PALMA MIÚDA E UREIA EM SUBSTITUIÇÃO AO FENO DE
CAPIM TIFTON EM DIETAS PARA OVINOS**

ROBERT EMILIO MORA LUNA

Engenheiro de Produção Animal

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2020**

ROBERT EMILIO MORA LUNA

**INCLUSÃO DE PALMA MIÚDA E UREIA EM SUBSTITUIÇÃO
AO FENO DE CAPIM TIFTON EM DIETAS PARA OVINOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Comitê de Orientação

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira

Profa. Dra. Antonia Sherlânea Chaves Veras

Prof. Dr. Francisco Fernando Ramos de Carvalho

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L961i Luna, Robert Emilio Mora
Inclusão de palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton em dietas para ovinos / Robert Emilio Mora Luna. - 2020.
70 f. : il.
- Orientador: Marcelo de Andrade Ferreira.
Coorientador: Francisco Fernando Ramos de Carvalho.
Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Recife, 2020.
1. Cactácea. 2. Dinâmica ruminal. 3. Fermentação ruminal. 4. Semiárido. 5. Volumoso. I. Ferreira, Marcelo de Andrade, orient. II. Carvalho, Francisco Fernando Ramos de, coorient. III. Título

ROBERT EMILIO MORA LUNA**Inclusão de palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton em dietas para ovinos**

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora em 28 de fevereiro de 2020.

Presidente:

Prof. Dr. Marcelo de Andrade Ferreira
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Titulares:

Prof. Dra. Adriana Guim
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Prof. Dr. João Paulo Ismério dos Santos Monnerat
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Departamento de Zootecnia

Dra. Maria Gabriela da Conceição
PNPD/Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dra. Juana Catarina Cariri Chagas
Swedish University of Agricultural Sciences

RECIFE-PE
FEVEREIRO-2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ROBERT EMILIO MORA LUNA – filho de José Emilio Mora Alviarez e Ana Eduvigis Luna Chacón, nasceu em Palmira, no estado Táchira, Venezuela. Em julho do ano 2003 se formou como Engenheiro de Produção Animal na “Universidad Nacional Experimental del Táchira” (UNET) (Venezuela). Em dezembro do ano 2004 ingressou como bolsista de pesquisa no “*Laboratorio de Investigación en Fisiología y Sanidad Animal*” da UNET, e em setembro de 2007 ingressou como professor dessa mesma universidade. Tem se desempenhado como professor de graduação e pós-graduação na área de Nutrição Animal e como chefe do “*Laboratorio de Nutrición Animal*” e do “*Laboratorio de Investigación en Fisiología y Sanidad Animal*” e Chefe do Núcleo Apoio à Produção Animal. No ano 2012 concluiu o curso de *Magister Scientiarum* em Produção Animal (área Nutrição) na “Universidad Central de Venezuela” *campus* Maracay. No ano de 2015 foi favorecido pelo Departamento de Desenvolvimento Humano e Educação da Organização dos Estados Americanos (OEA) para receber uma bolsa do Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB) e da Organização Pan-americana da Saúde, para realizar o curso de Doutorado em Zootecnia na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPRE), iniciando em março de 2016, concentrando os seus estudos na área de Nutrição de Ruminantes. Em fevereiro de 2020 submeteu a presente tese à banca de defesa.

Dedico

À minha mãe Ana Luna

Ao meu pai José Emilio

À minha Tia Magaly

Aos meus irmãos

Aos meus sobrinhos

AGRADECIMENTOS

A Deus, que está ao meu lado no decorrer da minha vida, guiando e iluminando tanto a mim quanto a cada uma das pessoas que me ajudam a alcançar os meus objetivos.

À Organização dos Estados Americanos (OEA) e ao Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB), pela oportunidade de acesso a programas de Educação Superior no Brasil.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À UFRPE e ao Departamento de Zootecnia, por me proporcionar a oportunidade de realizar mais uma etapa de crescimento profissional

Ao meu orientador, Professor Marcelo Ferreira, pelos ensinamentos durante esses anos, conselhos profissionais e como amigo. Obrigado pelo espaço que me deu no grupo de pesquisa, e muito agradecido por acreditar em mim.

A Ana Herrera (Mi Negris), pelo apoio incondicional desde que estamos compartilhando nossas vidas.

Aos amigos e parceiros da “*FIRMA*” – GEPAF – pelo apoio e amizade: Michelle, Leo, Adryanne (Novinha), Francisco, Belinda (minha Fia), Jonas, Diego, Marina, Elayne, Thamires, Alisson, Darlan, Joelson e Ana Flavia.

Ao “*Grupo da Pinga*” (Juliana, Diego, Darlan, Gláucia, Ana...), pela amizade e pelos momentos de descontração.

Às pós-doutorantes da “*FIRMA*”, Juana Chagas, Maria Gabriela da Conceição e Carolina Monteiro, obrigado pelo apoio.

Ao Centro de Apoio à Pesquisa (CENAPESQ) da UFRPE e ao Laboratório de Cromatografia da UFPE, por disponibilizar as suas instalações para as análises químicas.

SUMÁRIO

	Página
Lista de tabelas	ix
Lista de figuras	x
Resumo geral	xi
Abstract	xii
Considerações iniciais	13
CAPÍTULO 1	15
Aspectos nutricionais da associação da palma miúda e ureia com o feno de capim Tifton na dieta de ovinos	15
Resumo	16
Abstract	17
Introdução	18
Material e Métodos	19
<i>Animais e dietas experimentais</i>	20
<i>Medições e amostragem</i>	21
<i>Análises químicas</i>	22
<i>Cálculos</i>	23
<i>Análise estatística</i>	24
Resultados	24
<i>Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes</i>	24
<i>Comportamento ingestivo</i>	25
<i>Consumo e excreção de água</i>	25
<i>Dinâmica ruminal</i>	26
Discussão	27
<i>Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes</i>	27
<i>Comportamento ingestivo</i>	28
<i>Consumo e excreção de água</i>	29
<i>Dinâmica ruminal</i>	31
Conclusões	32
Referências bibliográficas	33
CAPÍTULO 2	38
Palma Miúda mais ureia e feno de capim Tifton: como maximizar o valor nutritivo de dietas para ovinos em regiões semiáridas	38
Resumo	39
Abstract	40
Introdução	41
Material e Métodos	42
<i>Animais e dietas experimentais</i>	42
<i>Medições e amostragem</i>	43
<i>Análises químicas</i>	44
<i>Cálculos</i>	46
<i>Análise estatística</i>	46
Resultados	47
<i>Consumo de MS, MOD e FDNi</i>	47
<i>pH, NAR e AGV</i>	47
<i>Balanço aparente de nitrogênio, eficiência de utilização de compostos nitrogenado e glicose sanguínea</i>	51

<i>Volume urinário, derivados de purinas e síntese de proteína microbiana</i>	53
Discussão	53
<i>Consumo de MS, MOD e FDNi</i>	53
<i>pH, NAR e AGV</i>	54
<i>Balanço aparente de nitrogênio, eficiência de utilização de compostos nitrogenado e glicose sanguínea</i>	56
<i>Volume urinário, derivados de purinas e síntese de proteína microbiana</i>	58
Conclusões	60
Referências bibliográficas	61
Considerações finais	67

LISTA DE TABELAS

Capítulo 1. Aspectos nutricionais da associação da palma miúda e ureia com o feno de capim Tifton na dieta de ovinos

		Página
1	Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS)	20
2	Composição e análise química das dietas experimentais	21
3	Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes de dietas para ovinos com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton	25
4	Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton	25
5	Consumo e excreção de água em ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton	26
6	Pool ruminal e taxas de passagem da FDN em ovinos alimentados com níveis crescentes de palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton	26

Capítulo 2. Palma Miúda mais ureia e feno de capim Tifton: como maximizar o valor nutritivo de dietas para ovinos em regiões semiáridas

		Página
1	Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS)	43
2	Composição e análise química das dietas experimentais	43
3	Consumo (C) de matéria seca (MS), matéria orgânica digestível (MOD) e FDN indigestível (FDNi) de ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton	47
4	pH ruminal e concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e ácidos graxos voláteis em ovinos alimentados com níveis crescentes de palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton	49
5	Balanço aparente de nitrogênio, eficiência de utilização de compostos nitrogenados e concentrações séricas de glicose em ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton	52
6	Volume urinário, derivados de purina e síntese de nitrogênio e proteína microbiana em ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton	53

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 2. Palma Miúda mais ureia e feno de capim Tifton: como maximizar o valor nutritivo de dietas para ovinos em regiões semiáridas

	Página
1 Efeito da interação nível de inclusão × hora sobre a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de ovinos alimentados com níveis de 0 (●); 150 (▲); 300 (◆); 450 (x) e 600 (■) g/kg MS de PM+US	50
2 Efeito da interação nível de inclusão × hora sobre a concentração de ácido propiônico no rúmen de ovinos alimentados com níveis de 0 (●); 150 (▲); 300 (◆); 450 (x) e 600 (■) g/kg MS de PM+US	51

INCLUSÃO DE PALMA MIÚDA E UREIA EM SUBSTITUIÇÃO AO FENO DE CAPIM TIFTON EM DIETAS PARA OVINOS

RESUMO GERAL

Nas regiões semiáridas, o uso de volumoso adaptado às condições de déficit hídrico como a palma forrageira associada à fonte de fibra fisicamente efetiva poderia ser uma opção alimentar para ovinos. Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de 0; 150; 300; 450 e 600 g/kg de matéria seca (MS) de palma miúda (PM) mais ureia e sulfato de amônio (US; 9:1), em substituição ao feno de capim Tifton sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, comportamento ingestivo, consumo de água, dinâmica e fermentação ruminal, balanço de nitrogênio (N) e síntese de proteína microbiana (SPM). Cinco ovinos mestiços machos e castrados com $43,8 \pm 5,80$ kg de peso corporal, fistulados e canulados no rúmen foram distribuídos ao acaso em delineamento quadrado Latino 5×5 . As dietas foram isonitrogenadas (14% proteína bruta; PB) e constituídas adicionalmente por farelo de soja, milho moído, sal comum e mistura mineral (relação volumoso:concentrado, 70:30). Os dados foram analisados por meio de análise de variância e contrastes ortogonais polinomiais. Os consumos de MS, matéria orgânica digestível e N, bem como o N retido, SPM e consumo de energia metabolizável apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$) com máximos valores de 1281,4; 909,8; 30; 14,1; 48,8 g/d e 3,60 Mcal/d, estimados para os níveis de PM+US 355,5; 413,8; 363,3; 438,3; 418 e 440 g/kg MS, respectivamente. O consumo de fibra em detergente neutro (FDN), os tempos de alimentação e ruminação, ingestão voluntária de água, taxa de degradação e passagem da FDN, pH e nitrogênio amoniacal ruminal, excreção de N na urina, ureia sanguínea, e amônio tanto no plasma quanto na urina diminuíram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de PM+US. O consumo de carboidratos não fibrosos, excreção de água nas fezes, glicose sanguínea e as concentrações de acetato e propionato no rúmen aumentaram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de PM+US. O consumo de PB, digestibilidade da PB e da FDN, concentração de butirato, volume urinário e a eficiência na SPM não foram influenciados pela inclusão de PM+US ($P > 0,05$). Em uma dieta para ovinos com relação volumoso:concentrado 70:30 recomenda-se o volumoso constituído por palma miúda (com ureia+sulfato de amônio) e feno de capim Tifton em uma proporção de 41:29 até 44:26, para maximizar o consumo de energia, retenção de N e a SPM.

Palavras-chave: Cactácea; Dinâmica ruminal; Fermentação ruminal; Semiárido; Volumoso.

INCLUSION OF SPINELESS CACTUS AND UREA IN REPLACEMENT TO THE TIFTON HAY IN SHEEP DIETS

ABSTRACT

In semiarid regions, providing a roughage adapted to water deficient conditions, such as spineless cactus (SC), associated with a source of physically effective fiber could be a feed alternative for sheep. The aim of this study was to evaluate inclusion effect of 0, 150, 300, 450 and 600 g/kg dry matter (DM) of SC plus urea and ammonium sulfate (UAS; 9:1) replacing Tifton hay on nutrients intake and its digestibility, feeding behavior, water intake, dynamics and ruminal fermentation, nitrogen (N) balance and microbial protein supply (MPS). Five rumen fistulated and cannulated crossbred wether sheep with average body weight of 43.8 ± 5.80 kg, were randomized in 5×5 Latin square design. Isonitrogenous diets (14% crude protein; CP) were based on soybean meal, ground corn, common salt and mineral mixture (roughage-to-concentrate ratio, 70:30). Data were submitted to variance and polynomial orthogonal contrasts analyses. Intakes of DM, digestible organic matter and N, as well as N retained, MPS and metabolizable energy intake showed quadratic responses ($P < 0.05$) with maximum values of 1,281.4, 909.8, 30, 14.1, 48.8 g/d and 3.60 Mcal/d, estimated for the levels of SC+UAS 355.5, 413.8, 363.3, 438.3, 418 and 440 g/kg DM, respectively. Neutral detergent fiber (NDF) intake, feed and rumination times, voluntary water intake, NDF degradation and passage rates, pH and ruminal ammonia nitrogen, urinary N excretion, blood urea and ammonia in both plasma and urine reduced linearly ($P < 0.05$) with the inclusion of SC+UAS. Non-fiber carbohydrates intake, water excretion in feces, blood glucose and acetate and propionate ruminal concentrations increased linearly ($P < 0.05$) with the inclusion of SC+UAS. Crude protein intake, CP and NDF digestibility, butyrate concentration, urinary volume and MPS efficiency were not influenced by inclusion of SC+UAS ($P > 0.05$). In sheep diets with roughage:concentrate ratio of 70:30, roughage consisting of SC (with urea+ammonium sulfate) and Tifton hay in a ratio of 41:29 to 44:26, is recommended to maximize energy intake, N retention and MPS.

Keywords: Cacti; Roughage; Ruminal dynamics; Ruminal fermentation; Semiarid

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O Nordeste é a região do país mais vulnerável a estiagem, sendo uma característica observada há cinco séculos, com precipitações mínimas de 100-300 mm/ano (anos 2012-2013), aspecto que limita a atividade agropecuária. Contudo, a produção de ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos) tem sido mantida como uma forma de gerar renda, mesmo nas condições adversas, por serem espécies menos vulneráveis à seca quando comparadas às explorações agrícolas.

Do total de rebanho bovino, ovino e caprino do Brasil, a região Nordeste tem ao redor de 13, 64 e 93% destes, respectivamente. No caso dos primeiros, são animais dedicados principalmente à bovinocultura leiteira, sendo este sistema caracterizado por pequenas propriedades e utilização de mão de obra familiar, em que a alimentação dos animais se baseia na utilização de forrageiras cultivadas sob pastagem e vegetação nativa (Caatinga), esta última em menor grau, enquanto na produção de ovinos e caprinos a Caatinga representa um importante recurso forrageiro, pelo que a exploração destas duas espécies é caracterizada como de baixo rendimento; no entanto, é uma atividade de grande relevância econômica e social, por suprir de carne a preços mais acessíveis às populações rurais e das periferias das grandes cidades.

A exploração destas três espécies de ruminantes no Nordeste tem em comum o uso de um volumoso amplamente utilizado na alimentação, a palma forrageira, uma cactácea bem adaptada às condições de clima e solo, alta eficiência no uso da água e elevado rendimento de biomassa.

Os clones de palma forrageira mais difundidos no Nordeste brasileiro eram a Redonda, Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill.) e a Miúda (*Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck) e apenas a Miúda era resistente a *Dactylopius opuntia* (Cochonilha-do-carmim); no entanto, outros dois clones têm se destacado: a palma Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw) e a IPA-Sertânia, também resistentes a cochonilha-do-carmim.

O uso desta cactácea na alimentação de ruminantes remonta-se às duas primeiras décadas de 1900, sendo usada associada com sorgo (feno e/ou silagem), e até como alimento exclusivo para vacas leiteiras, destacando-se naquela época a sua alta

palatabilidade e digestibilidade da matéria seca (62%), bem como o alto teor de matéria mineral (18,21%).

As diferentes espécies de palma forrageira constituem excelente fonte de carboidratos não fibrosos, porém, apresentam baixos teores de fibra em detergente neutro e proteína bruta, portanto, esses dois últimos aspectos devem ser corrigidos associando a palma com outros volumosos e fontes de nitrogênio para compensar a fibra e proteína, respectivamente.

Nas condições de Nordeste volumosos como bagaço e cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) *in natura*, silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), silagem de milho (*Zea mays* L.), feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon* var. Tifton) e capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) são opções alimentares produzidas nas regiões que tem disponibilidade de água e irrigação, sendo comercializadas para aqueles produtores que tem a necessidade de suplementação volumosa para os animais nos períodos de escassez. Assim, existindo disponibilidade de fontes de fibra para fazer uso racional da palma forrageira, estão sendo desenvolvidas diversas pesquisas na busca da proporção dos diferentes volumosos que quando associados com palma maximizem a resposta nas diferentes espécies de ruminantes.

Neste contexto, objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de palma miúda e mistura ureia e sulfato de amônio em substituição ao feno de capim Tifton em dietas para ovinos.

CAPÍTULO 1

Aspectos nutricionais da associação da palma miúda e ureia com o feno de capim Tifton na dieta de ovinos

**Aspectos nutricionais da associação da palma miúda e ureia com o feno de capim
Tifton na dieta de ovinos**

RESUMO

Em condições semiáridas, a palma forrageira se apresenta como excelente opção alimentar, por ser muito eficiente no uso da água para produção de matéria seca (MS) e ser excelente fonte de carboidratos não fibrosos (CNF). Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de 0; 150; 300; 450 e 600 g/kg MS de palma miúda (PM; *Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck) mais ureia e sulfato de amônio (US; 9:1), substituindo o feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon* var. Tifton) sobre o consumo de energia metabolizável (EM) e fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), consumo e digestibilidade aparente da: MS, matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), FDN, CNF; o comportamento ingestivo, o consumo e excreção de água, e dinâmica ruminal. Cinco ovinos mestiços castrados com $43,8 \pm 5,80$ kg fistulados e canulados no rúmen foram distribuídos ao acaso em delineamento quadrado Latino 5×5 . As dietas foram isonitrogenadas (14% PB) constituídas adicionalmente por farelo de soja, milho moído, sal comum e mistura mineral (relação volumoso:concentrado 70:30). Os dados foram analisados por meio de análise variância e contrastes ortogonais polinomiais. Os consumos de MS e EM apresentaram resposta quadrática ($P < 0,05$) com máximos valores de 1281 g/d e 3,60 Mcal/d, nos níveis de PM+US 356 e 440 g/kg MS, respectivamente. A digestibilidade da MS, MO e CNF, bem como excreção de água nas fezes aumentaram linearmente com a inclusão de PM+US ($P < 0,05$). O consumo de PB, digestibilidade da PB e FDN não foram influenciados ($P > 0,05$). O consumo de FDNi, os tempos de alimentação e ruminação, bem como ingestão voluntária de água diminuíram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de PM+US. As taxas de degradação e passagem da FDN, bem como a taxa de passagem da FDNi diminuíram linearmente. Em ovinos alimentados com dietas com relação volumoso:concentrado 70:30 recomenda-se um volumoso constituído por uma proporção PM+US:feno de 44:26 para maximizar o consumo de EM.

Palavras-chave: Cactácea; Energia metabolizável; Semiárido; Volumoso.

Nutritional aspects of the association of spineless cactus and urea with Tifton hay in sheep diets

ABSTRACT

In semi-arid conditions spineless cactus (SC) is an excellent feed option, as it is very efficient in water use for dry matter (DM) production as well as is an excellent source of non-fibrous carbohydrates (NFC). The aim of this study was to evaluate the effect of inclusion of 0, 150, 300, 450 and 600 g/kg DM of SC (*Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck plus urea and ammonium sulfate (UAS; 9:1) replacing Tifton hay (*Cynodon dactylon* var. Tifton) on metabolizable energy (ME) and indigestible neutral detergent fiber (iNDF) intake, intake and apparent digestibility of: DM, organic matter (OM), crude protein (CP), NDF, NFC; feeding behavior, water intake and excretion and rumen dynamics. Five rumen fistulated and cannulated crossbred wether sheep with average body weight of 43.8 ± 5.80 kg, were randomized in 5×5 Latin square design. Isonitrogenous diets (14% CP) were based on soybean meal, ground corn, common salt and mineral mixture (roughage-to-concentrate ratio, 70:30). Data were submitted to variance and polynomial orthogonal contrasts analyses. Metabolizable energy and DM intake showed quadratic responses ($P < 0.05$) with maximum values of 1,281 g/d and 3.60 Mcal/d, estimated for the levels of SC+UAS 356 e 440 g/kg DM, respectively. The DM, OM and NFC digestibility, as well as water excretion in feces increased linearly with SC+UAS inclusion ($P < 0.05$). Crude protein intake, CP and NDF digestibility were not influenced ($P > 0.05$). Indigestible neutral detergent fiber intake, feeding and ruminating times as well as voluntary water intake reduced linearly ($P < 0.05$) with SC+UAS inclusion. Neutral detergent fiber degradation and passage rates as well as iNDF passage rate decreased linearly. In sheep diets with roughage:concentrate ratio of 70:30, roughage consisting of SC (with urea+ammonium sulfate) and Tifton hay in a 44:26 ratio, is recommended to maximize the ME intake.

Keywords: Cacti; Metabolizable energy; Semiarid; Roughage.

INTRODUÇÃO

A região semiárida no mundo ocupa uma área de 22,6 milhões de km² o que representa 15,2% da superfície terrestre (SAFRIEL et al., 2005). Entre os anos 1948-2008 houve grande expansão desta região, registrando aumento de 1,6 milhões de km² entre 1990 e 2004, sendo que 75% dessa expansão ocorreu no hemisfério leste e 25% no continente americano (HUANG et al., 2016).

No continente americano, o Semiárido brasileiro tem extensão de 788.064 km², o que corresponde a 48% da região Nordeste do país, a qual tem sido caracterizada pela ocorrência de secas desde o século XVI, com cinco períodos de seca nesse século que representaram oito anos de estiagem, e até século XX foram registrados 54 períodos de seca, os quais representaram 100 anos de estiagem (MELO, 1999). No século XXI tem sido registrado oito anos de seca, sendo o último período nos anos 2012-2016, com precipitação acumulada inferior a 500 mm, resultando em estresse hídrico, menor suprimento de água para vegetação (MARENGO et al., 2018), e limitando fornecimento de alimento e água para o gado (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017). Sendo a agricultura e a pecuária em pequena escala dependentes das chuvas, as tornam mais vulneráveis às estiagens atuais, anteriores e também futuras (MARENGO et al., 2018). Portanto, é necessário a adaptação dos sistemas de cultivo e pecuária a essas condições ambientais (MARENGO; TORRES; ALVES, 2017).

Em condições áridas e semiáridas, em que as temperaturas diurnas e noturnas podem mostrar oscilações drásticas, as cactáceas se apresentam como uma planta que se adapta às condições da seca (YAMORI; HIKOSAKA; WAY, 2014). Nestas plantas, o processo fotossintético segue o modelo conhecido como MAC (metabolismo ácido das Crassuláceas), o qual melhora a assimilação de CO₂ atmosférico em habitats terrestres com restrição de água, com eficiência do uso de 100-150 kg H₂O/kg de matéria seca (MS), maior quando comparada com plantas C₃ (700-800 kg H₂O/kg MS) e C₄ (250-350 kg H₂O/kg MS) (SANTOS et al., 2008).

A palma forrageira (PF) é uma cactácea adaptada às condições do Semiárido brasileiro, e apresenta alta aceitabilidade pelos animais ruminantes (bovinos, ovinos e caprinos), podendo ser voluntariamente consumidas em grandes quantidades (FERREIRA; URBANO, 2013). A PF é um volumoso com alto teor de carboidratos não

fibrosos (CNF; 523-574 g/kg MS) e baixo teor de MS (107-150 g/kg matéria natural), fibra em detergente neutro (FDN; 257-277 g/kg MS) e proteína bruta (PB; 35-41 g/kg MS) (MONTEIRO et al., 2018; SIQUEIRA et al., 2018; REZENDE et al., 2020). Porém, esse alto teor de umidade é uma característica positiva ante as limitações dos recursos hídricos na região, podendo reduzir a necessidade de suprimento hídrico para essas espécies. Pelo baixo teor de FDN e PB, os programas de alimentação que incluam PF precisam da associação com outro volumoso, como fonte de fibra fisicamente efetiva, e com fontes de proteína (BATISTA et al., 2009) ou nitrogênio não proteico, como a mistura ureia e sulfato de amônio (US) (COSTA et al., 2016).

O feno de capim Tifton (FCT; *Cynodon dactylon* var. Tifton) se apresenta como uma opção de volumoso como fonte de fibra fisicamente efetiva para ser associado a PF, uma vez que ele está entra as forragens de produção comercial nas zonas do Nordeste brasileiro com disponibilidade de água e irrigação (REIS FILHO; OLIVEIRA, 2014).

Portanto, hipotetizou-se que existe uma proporção de PF+US:FCT que maximiza o consumo e digestão dos nutrientes. Objetivou-se avaliar, em ovinos, o efeito da inclusão de PF (*Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck)+US em dietas à base de FCT, sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, comportamento ingestivo, consumo de água e a dinâmica ruminal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avaliação de Alimentos para Pequenos Ruminantes II, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil, localizada nas coordenadas 08°01'13.4"S e 34°57'14.9"O, com clima classificado segundo Köppen-Geiger como tropical quente e úmido (As'). A altitude é de 4 m, a precipitação anual média é de 1.804 mm, e a temperatura média anual é de 27,5°C, podendo variar entre 24 a 31°C.

Todos os procedimentos experimentais com os animais foram aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFRPE (licença nº 069/2016).

Animais e dietas experimentais

Cinco ovinos mestiços castrados com peso corporal (PC) de $43,8 \pm 5,80$ kg dotados de fístula permanente no rúmen foram distribuídos ao acaso em cinco dietas sobre um delineamento quadrado Latino 5×5 . Os animais foram tratados contra endo e ectoparasitas via oral antes do início do experimento.

Os animais foram alojados em baias individuais ($0,93 \times 1,54$ m) equipadas com comedouros e bebedouros. O experimento teve duração de 110 dias, com cinco períodos experimentais, cada um deles com duração de 22 dias, sendo 14 para adaptação às dietas (MACHADO et al., 2016) e oito para coleta de dados e amostras.

A composição química-bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais está apresentada na Tabela 1. As dietas (Tabela 2) consistiram em: FCT como fonte exclusiva de volumoso na dieta, e substituição de 20; 40; 60 e 80% do FCT pela PM mais mistura ureia e sulfato de amônio (9:1) (PM+US), o que representou na matéria seca da dieta 150; 300; 450 e 600 g/kg MS. Adicionalmente foram constituídas adicionalmente por farelo de soja, milho moído, sal comum e mistura mineral, com uma relação volumoso:concentrado de 70:30 (Tabela 2). As dietas (isonitrogenadas; 14% PB) foram fornecidas *ad libitum* na forma de ração completa, duas vezes ao dia (08h00 e 16h00) e ajustadas diariamente em função do consumo do dia anterior, permitindo-se quantidade de sobras de 5 a 10% do total de MS fornecida.

Tabela 1. Composição química-bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS).

	Feno de Tifton	Palma miúda	Farelo de soja	Milho	Ureia	Sulfato de amônio
MS ^a	929,0	222,9	918,4	898,7	990,7	994,3
Cinza	103,1	91,5	74,1	15,6	-	-
MO	896,9	908,5	925,9	984,4	-	-
PB	117,9	33,3	518,0	99,7	2899,8	1295,2
EE	14,3	15,3	15,6	43,8	-	-
FDN _{cp}	651,3	147,6	96,9	80,2	-	-
FDN _i	298,1	80,1	1,60	4,04	-	-
FDA	366,3	98,1	85,4	29,5	-	-
Lignina	61,5	10,3	4,33	10,1	-	-
CNF	113,3	712,4	295,3	760,7	-	-
CT	764,6	860,0	392,3	840,9	-	-

^ag/kg de matéria natural. MS: matéria seca. MO: matéria orgânica. PB: proteína bruta. EE: extrato etéreo. FDN_{cp}: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. FDN_i: FDN indigestível. FDA: fibra em detergente ácido. CNF: carboidratos não fibrosos. CT: carboidratos totais.

Tabela 2. Composição e análise química das dietas experimentais.

Ingredientes (g/kg MS)	Inclusão de PM+US (g/kg MS)				
	0	150	300	450	600
Feno de Capim Tifton	693,1	549,2	399,2	250,2	99,3
Palma Miúda	0,00	146,6	292,9	437,2	582,9
Milho	208,3	203,7	203,8	203,9	204,8
Farelo de soja	83,5	81,6	81,6	81,7	82,1
Ureia+Sulfato de amônio	0,00	3,96	7,64	12,0	15,9
Sal comum	5,00	4,97	4,96	5,00	5,00
Mistura Mineral ^a	10,1	9,97	9,90	10,0	10,0
Composição química (g/kg MS)					
MS ^b	922,4	628,9	478,3	387,2	324,9
MO	919,1	920,7	922,7	924,7	927,0
PB	145,7	143,1	140,3	141,0	140,0
EE	20,4	20,3	20,4	20,5	20,6
FDNcp	476,3	403,5	327,4	251,7	175,0
FDNi	207,6	176,4	143,4	110,5	77,2
FDA	267,1	228,5	187,9	147,5	106,6
CNF	276,8	360,6	447,8	533,9	621,4
CT	753,1	757,2	761,9	764,5	768,7
FDNcp via feno	451,6	357,6	260,0	163,0	64,6

^aNíveis de garantia fornecidos pelo fabricante: (g/kg) 120 Ca, 87 P, 147 Na, 18 S, (mg/kg) 590 Cu, 40 Co, 20 Cr, 1.800 Fe, 80 I, 1.300 Mn, 15 Se, 3.800 Zn, 10 Mo e 870 F (máximo). ^bg/kg de matéria natural.

PM: palma Miúda. US: ureia+sulfato de amônio. MS: matéria seca. MO: matéria orgânica. PB: proteína bruta. EE: extrato etéreo. FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. FDNi: FDN indigestível. FDA: fibra em detergente ácida. CNF: carboidratos não fibrosos. CT: carboidratos totais.

Medições e amostragem

Os alimentos fornecidos e as sobras foram pesadas (Balança Ramuza, Modelo Ramuzatron 15, Brasil) do 15° ao 22° dia do período experimental para estimar o consumo de nutrientes (MS, MO, PB, FDN e CNF) e FDN indigestível (FDNi).

Para estimativa da digestibilidade aparente dos nutrientes foi realizada a coleta total de fezes do 17° ao 19° dia de cada período experimental, utilizando-se bolsas coletoras adaptadas ao corpo dos animais.

O comportamento ingestivo dos animais foi avaliado no 15° dia de cada período experimental. Foram registradas as atividades de alimentação, ruminação e ócio pela metodologia de varredura instantânea (MARTIN; BATESON, 2007), observando os animais a cada 10 minutos durante 24h consecutivas, iniciando-se imediatamente após o fornecimento da alimentação matinal.

Nos três dias da coleta total de fezes foram avaliados o consumo de água e a excreção de urina. Esta foi medida pela sua coleta total, com o uso de funis coletores acoplados ao órgão genital dos animais e mangueiras para conduzir a urina até o recipiente coletor. Ao final de cada dia de coleta foi determinado o volume total de urina, e uma alíquota de 50 mL foi coletada para determinação de matéria seca.

Nos dias 20 e 22 de cada período experimental foi realizado manualmente o esvaziamento do rúmen via cânula ruminal (ROBINSON; TAMMINGA; VAN VUUREN, 1987), sendo no dia 20 realizado às 12h00; 4 horas após alimentação matinal, e no dia 22 antes da alimentação das 08h00, separando-se a parte sólida da parte líquida para pesagem de cada uma delas. Uma amostra aproximadamente de 300 g de sólido e 800 g de líquido ruminal foi coletada para posterior análise química.

As amostras coletadas de alimentos fornecidos, sobras, fezes e conteúdo ruminal foram pré-secas em estufa de ventilação forçada (Tecnal®, Modelo TE 394-2, Brasil) a 55°C até obter peso constante. Posteriormente foi feita amostra composta de cada material (alimentos fornecidos, sobras, fezes) por animal e por período para posterior análise química-bromatológica.

Análises químicas

As amostras compostas dos alimentos fornecidos, das sobras e das fezes foram moídas (Marconi®, Modelo MA 340, Brasil) passando por peneira com crivo de 1 mm e feitas as análises químicas-bromatológicas, segundo a AOAC (1990), para determinação de MS a 105°C por gravimetria (código 930.04), PB pelo método Kjeldhal ($N \times 6,25$) (código 984.13), extrato etéreo por extração com éter de petróleo (código 920.39), cinza por ignição a 600°C (código 942.05). A umidade na urina foi determinada por gravimetria. Em amostras de conteúdo ruminal (fracção sólida e líquida) moídas a 1 mm foi feita a determinação de MS por gravimetria.

Para a determinação de FDN_i, amostras (processadas em peneiras de 2 mm) de alimentos, sobras e conteúdo ruminal foram incubadas no rúmen de um bovino durante 288 horas, segundo Krizsan e Huhtanen (2013), usando sacos de TNT (VALENTE et al., 2011a) para a posterior determinação do teor de FDN.

Foram feitas as determinações de FDN (ingredientes, sobras, fezes, material incubado no rúmen) com alfa-amilase termoestável e sem uso de sulfito de sódio (MERTENS, 2002) usando sacos de TNT (VALENTE et al., 2011b), e só nos ingredientes quantificou-se a fibra em detergente ácido (FDA) e lignina por hidrólise ácida, segundo Van Soest (1973), exceto a lignina da PM que foi feita por oxidação com permanganato de potássio (VAN SOEST; WINE, 1968). A FDN foi corrigida para cinza

como sugerem Mertens et al. (2002) e corrigida para compostos nitrogenados (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996) (FDNcp).

Cálculos

A composição química das dietas foi calculada a partir da proporção de ingredientes e seus respectivos valores de composição química. Os teores de CNF foram calculados segundo Detmann e Valadares Filho (2010), e os carboidratos totais (CT) segundo Sniffen et al. (1992). A matéria orgânica (MO) foi calculada por diferença com a cinza ($MO = 1000 \text{ g/kg MS} - \text{g cinza/kg MS}$). Os consumos de MS, MO, PB, FDNcp e CNF foram estimados pela diferença entre a quantidade de nutriente fornecido e quantidade presente nas sobras.

A digestibilidade aparente da MS e seus constituintes foi calculada como a diferença entre o consumo e a excreção nas fezes, dividida pela quantidade de nutriente consumido. O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado segundo Sniffen et al. (1992), e transformado segundo NRC (2007) em energia digestível ($1 \text{ kg NDT} = 4,4 \text{ Mcal de energia digestível}$) e posteriormente a energia metabolizável (EM) ($\text{energia digestível} \times 0,82$).

As eficiências de alimentação (da MS e FDNcp) e ruminação (da MS e FDNcp) foram calculadas dividindo-se o consumo de MS e FDN pelo respectivo tempo de alimentação e ruminação.

O consumo de água via alimentos foi calculado em função do conteúdo de umidade dos alimentos fornecidos e das sobras, e o consumo voluntário de água foi calculado pesando a quantidade fornecida e a sobra, ajustando diariamente em função da evaporação diária de água, em dois recipientes controle. A produção de água metabólica foi estimada a partir dos nutrientes digeridos, assumindo que 40, 50 e 107 g de água são produzidos pela oxidação de 100 g de proteína, carboidratos e gordura, respectivamente (BEEDE, 1994).

Foram quantificados os conteúdos (g) no rúmen de MS, FDN e FDNi. Para determinar o fluxo das partículas no rúmen foi utilizada a FDNi no rúmen como marcador interno (TAMMINGA et al., 1989). As taxas relativas à dinâmica ruminal, taxa de ingestão ($ki = \text{g} \cdot \text{h}^{-1} \text{ consumidos/g no rúmen}$), taxa de passagem ($kp = \text{fluxo g} \cdot \text{h}^{-1}/\text{g no}$

rúmen) e taxa de digestão ($kd = ki - kp$) da FDN e taxa de passagem da FDNi (kpi) foram estimadas segundo Robinson; Tamminga e Van Vuuren (1987).

Análise estatística

Os dados foram analisados com o procedimento MIXED de SAS (Version 9.4; SAS Inst., Inc., NC, USA) utilizando um delineamento quadrado Latino 5×5 . Foram feitos contrastes ortogonais polinomiais para estimativa dos efeitos linear e quadrático. O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + A_k + E_{ijk},$$

em que Y_{ijk} é a variável dependente, μ é a média de todas as observações, T_i é o efeito fixo da dieta i , P_j é o efeito aleatório do período j , A_k é o efeito aleatório do animal k , e $E_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$ representa o erro residual.

RESULTADOS

Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes

Os consumos de MS (g/d), MO, MS (g/kg PC) e EM apresentaram comportamento quadrático (Tabela 3; $P \leq 0,027$) com valores máximos de 1281; 1157 g/d; 27,4 g/kg PC e 3,60 Mcal/d, respectivamente, para a mesma ordem de níveis de PM+US de 356; 365; 343 e 440 g/kg MS, enquanto a digestibilidade da MS e MO aumentaram linearmente com a inclusão de PM+US (Tabela 3).

O consumo de PB e a sua digestibilidade não foram influenciados ($P > 0,05$) pela inclusão da PM+US. O consumo de FDNcp (g/d e g/kg PC) e FDNi (g/d e g/kg MS) reduziu linearmente ($P < 0,001$) com a inclusão de PM+US, não havendo efeito sobre a digestibilidade da FDN ($P > 0,05$). O consumo e digestibilidade dos CNF foram aumentando linearmente ($P < 0,001$).

Tabela 3. Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes de dietas para ovinos com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton.

Variáveis	Níveis de PM+US (g/kg MS)					EPM	Valor P	
	0	150	300	450	600		L	Q
<i>Consumo (g/d)</i>								
MS	1109,9	1178,9	1379,4	1185,3	1235,6	78,6	0,066	0,014 ^a
MO	1002,6	1061,1	1240,1	1060,5	1103,9	70,5	0,104	0,014 ^b
PB	167,0	172,4	195,4	165,3	175,3	11,5	0,609	0,065
FDNcp	503,7	441,2	400,3	255,3	199,9	31,9	0,000	0,227
CNF	327,5	457,7	671,9	683,9	788,9	34,3	0,000	0,896
FDNi	217,2	189,0	171,0	105,8	90,9	15,5	0,000	0,577
EM (Mcal/d)	2,65	3,03	3,86	3,37	3,69	0,22	0,000	0,013 ^c
<i>Digestibilidade (g/kg MS)</i>								
MS	673,3	709,7	781,3	776,1	804,4	17,5	0,000	0,168
MO	682,2	733,1	794,4	792,5	822,3	16,9	0,000	0,122
PB	767,6	769,5	791,2	783,9	805,8	13,5	0,055	0,832
FDNcp	585,3	586,1	638,6	532,3	539,5	38,2	0,239	0,313
CNF	797,9	879,7	899,3	911,6	918,4	15,7	0,000	0,202
<i>Consumo</i>								
MS (g/kg PC)	23,9	25,6	29,5	25,5	26,7	2,25	0,086	0,027 ^d
FDNcp (g/kg PC)	10,9	9,58	8,62	5,46	4,30	0,80	0,000	0,189
FDNi (g/kg MS)	193,7	160,3	124,3	89,0	73,4	5,29	0,000	0,175

MS: matéria seca. MO: matéria orgânica. PB: proteína bruta. FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. CNF: carboidratos não fibrosos. PC: peso corporal. EM: energia metabolizável. FDNi: FDN indigestível. EPM: erro padrão da média. P: valor da probabilidade. L: linear. Q: quadrático. ^aMS = -0,0014PM+US² + 0,9947PM+US + 1104,5. ^bMO = -0,0012PM+US² + 0,8752PM+US + 997,7. ^cEM = -0,000005PM+US² + 0,0044PM+US + 2,6303. ^dMS = -0,00003PM+US² + 0,0206PM+US + 23,869.

Comportamento ingestivo

Os tempos de alimentação, ruminação, assim como as eficiências de alimentação e ruminação da FDNcp diminuíram, enquanto o tempo em ócio, eficiências de alimentação e ruminação da MS aumentaram linearmente (P<0,001; Tabela 4).

Tabela 4. Comportamento ingestivo de ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton.

Variáveis	Níveis de PM+US (g/kg MS)					EPM	Valor P	
	0	150	300	450	600		L	Q
TA (min/dia)	246	216	242	170	184	16,8	0,000	0,789
TR (min/dia)	562	482	488	398	328	42,1	0,000	0,482
TO (min/dia)	632	742	710	872	928	44,4	0,000	0,472
EA da MS (g/h)	274	333	349	436	411	35,2	0,000	0,187
ER da MS (g/h)	119	147	175	187	232	13,9	0,000	0,679
EA da FDNcp (g/h)	123	124	100	94,3	66,6	10,9	0,000	0,094
ER da FDNcp (g/h)	53,5	55,2	50,8	40,8	37,0	4,00	0,000	0,106

TA: tempo de alimentação. TR: tempo de ruminação. TO: tempo em ócio. EA: eficiência de alimentação. ER: eficiência de ruminação. EPM: erro padrão da média. P: valor da probabilidade. L: linear. Q: quadrático.

Consumo e excreção de água

O consumo da água via alimentos, consumo total de água e a excreção de água nas fezes aumentaram linearmente com a inclusão de PM+US (P≤0,007; Tabela 5), enquanto o consumo voluntário de água (L/d; L/kg MS ingerida e g/PC^{0,75}) apresentou o

comportamento inverso ($P < 0,001$). A produção de água metabólica apresentou comportamento quadrático com máxima produção de 0,550 L/d no nível 333,3 g PM+US/kg MS. Por outro lado, o volume urinário e a excreção de água via urina não foram alteradas ($P > 0,05$).

Tabela 5. Consumo e excreção de água em ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton

Variáveis (L/d)	Níveis de PM+US (g/kg MS)					EPM	Valor P	
	0	150	300	450	600		L	Q
Água								
Consumo via alimentos	0,072	0,838	1,723	2,140	2,837	0,17	0,000	0,234
Consumo voluntário	2,298	1,886	1,497	0,960	0,555	0,19	0,000	0,852
Consumida (C)	2,369	2,724	3,220	3,099	3,392	0,21	0,002	0,317
Metabólica (M)	0,470	0,529	0,617	0,536	0,543	0,04	0,048	0,006 ^a
Total (C+M)	2,840	3,252	3,838	3,636	3,934	0,22	0,001	0,195
Volume urinário	1,523	1,717	1,512	1,459	1,606	0,20	0,871	0,933
Excreção de água								
Urina	1,494	1,762	1,479	1,436	1,581	0,20	0,778	0,992
Fezes	0,509	0,616	0,708	0,717	0,717	0,06	0,007	0,143
Consumo voluntário								
L/kg MS ingerida	2,223	1,596	1,085	0,801	0,458	0,17	0,000	0,196
mL/PC ^{0,75}	130,9	105,9	83,66	52,33	32,26	11,8	0,000	0,987

EPM: erro padrão da média. P: valor da probabilidade. L: linear. Q: quadrático.

^aÁgua metabólica = $-0,0000009PM+US^2 + 0,0006 PM+US + 0,4694$.

Dinâmica ruminal

O conteúdo ruminal de MS, FDN e FDNi diminuíram linearmente com a inclusão de PM+US (Tabela 6; $P \leq 0,023$). A *Ki*, *Kp*, *Kd* da FDN e *Kpi* da FDNi diminuíram linearmente ($P \leq 0,039$).

Tabela 6. Pool ruminal e taxas de passagem da FDN em ovinos alimentados com níveis crescentes de palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton

Variáveis	Níveis de PM+US (g/kg MS)					EP	P	
	0	150	300	450	600		L	Q
Conteúdo ruminal (g)								
MS	578,2	513,8	515,2	493,8	431,0	41,4	0,023	0,893
FDN	363,8	300,8	289,4	271,2	215,8	27,9	0,002	0,932
FDNi	211,6	174,4	154,2	141,0	111,4	20,9	0,002	0,752
FDN (h⁻¹)								
<i>Ki</i>	0,0591	0,0610	0,0595	0,0414	0,0384	0,0048	0,001	0,133
<i>Kp</i>	0,0226	0,0217	0,0222	0,0143	0,0144	0,0025	0,004	0,424
<i>Kd</i>	0,0366	0,0393	0,0372	0,0271	0,0239	0,0029	0,001	0,075
<i>Kpi</i>	0,0458	0,0459	0,0488	0,0338	0,0347	0,0054	0,039	0,373

Ki: taxa de ingestão. *Kp*: taxa de passagem. *Kd*: taxa de digestão. *Kpi*: taxa de passagem da FDN indigestível. EPM: erro padrão da média. P: valor da probabilidade. L: linear. Q: quadrático.

DISCUSSÃO

Consumo e digestibilidade aparente de nutrientes

A resposta e efeito quadrático mostram que o consumo de MS aumentou (Tabela 3) até o nível 356 g PM+US/kg MS, sendo justificado pela diminuição do consumo de FDNi e consequente aumento da digestibilidade da dieta (Tabela 3). O consumo de MS indigestível e o enchimento do rúmen começam diminuir quando a digestibilidade da dieta é maior que 700 g/kg MS (KETELAARS; TOLKAMP, 1992), como foi observado neste experimento.

A diminuição no consumo de MS e MO nos respectivos níveis 356 e 365 g PM+US/kg MS, é possivelmente devido a uma regulação metabólica. Tem sido observado que dietas com palma forrageira aumentam as concentrações de ácido propiônico no rúmen (BEN SALEM et al., 1996), o que pode diminuir o consumo de MS uma vez que o ácido propiônico absorvido influencia a saciedade (ALLEN; BRADFORD; OBA, 2009).

O consumo de EM atingiu o valor máximo (3,60 Mcal/d) no nível de inclusão 440 g PM+US/kg MS, acima do nível no qual foi atingido o máximo consumo de MS (356 g PM+US/kg MS), apesar de ter diminuído o consumo de MS após desse nível. O aumento linear no consumo e digestibilidade dos CNF (Tabela 3) pode contribuir a um maior consumo de NDT e consequentemente EM.

A maior digestibilidade da MS e MO é produto da inclusão da PM que tem uma alta degradabilidade ruminal efetiva da MS (711 g/kg MS; BATISTA et al., 2009) produto tanto do baixo conteúdo de FDN (147,6 g/kg MS) quanto do elevado conteúdo de CNF (712,4 g/kg MS) e baixo teor de lignina (10,3 g/kg MS), o que gera maior digestibilidade na PM (773,7 g/kg MS; SANTOS et al., 1990) quando comparada com o FCT com maior FDN (651,3 g/kg MS) e lignina (61,5 g/kg MS), e menor digestibilidade (443 a 554,8 g/kg MS; TAFFAREL et al., 2014).

Pela composição química da PM (Tabela 1) gera-se na dieta respectivamente uma menor e maior quantidade de FDNcp e CNF à medida que aumenta sua inclusão na dieta (Tabela 2) e, portanto, o mesmo comportamento era esperado no consumo desses nutrientes.

A palma forrageira, apresenta FDN de baixa efetividade física, aspecto que foi demonstrado por Conceição et al. (2016) com bovinos quando substituiu totalmente o farelo de trigo (518 g/kg MS da dieta) com teor de 322 g/kg MS de FDN pela PM (292 g/kg MS de FDN) misturada com US. Os autores observaram que a ruminação não foi alterada, fato que permite inferir que a palma forrageira tem uma efetividade da sua FDN semelhante à do farelo de trigo, sendo que este possui um fibra fisicamente efetiva que corresponde ao 33% da FDN, muito inferior quando comparado às forragens que, dependendo do tamanho de partícula, podem variar entre 73 e 98% da FDN (NRC, 2000).

Neste experimento, embora tenha sido fornecida baixa quantidade de FDNcp via FCT (fibra fisicamente de maior efetividade) no maior nível de inclusão de PM+US quando comparado com o nível 0 de inclusão (64,6 vs 451,6 g/kg MS; Tabela 2) a digestibilidade da FDNcp não foi influenciada, possivelmente pela semelhança na degradabilidade potencial da FDN (72h de incubação) entre a PM (789 g/kg MS; BATISTA et al., 2009) e FCT (750 g/kg MS; CARVALHO et al., 2006); além disso, o menor fornecimento de fibra fisicamente efetiva pode ser compensado também pela maior degradabilidade efetiva da FDN da PM (taxa de 5%/h) quando comparada ao FCT (514 vs 408 g/kg MS) (CARVALHO et al., 2006; BATISTA et al., 2009).

Comportamento ingestivo

A diminuição no tempo de alimentação (Tabela 4) com a inclusão de PM+US pode ser devido à alta aceitabilidade da palma forrageira (NEFZAOU; BEN SALEM, 2001; FERREIRA et al., 2012), que possibilita o consumo de altas quantidades e também ao fator da mucilagem aparente das partículas, exposta no momento em que este ingrediente é processado na máquina forrageira, proporcionar certa aderência aos outros ingredientes, dificultando a seleção (FERREIRA et al., 2012). O baixo conteúdo de FDNcp das dietas com PM pode também influenciar o tempo de alimentação, uma vez que baixos teores de FDNcp diminuem o tempo de alimentação (BEAUCHEMIN, 1991). Adicionalmente, o conteúdo de umidade do volumoso também influencia a rapidez do seu consumo, volumosos com maior umidade são consumidos (em matéria natural) seis a sete vezes mais rápido do que os volumosos mais secos, e 2,5 vezes mais rápido expresso como matéria seca (BEAUCHEMIN et al., 2008); no caso deste experimento, o

elevado conteúdo de umidade da PM (777 g/kg matéria natural, MN) gerou dietas com umidade desde 77,6 até 675,1 g/kg MN quando substituía o FCT.

A diminuição no tempo de ruminação com a inclusão de PM+US foi devido à diminuição no conteúdo de FDN_{ncp} na dieta na medida em que foi incrementando o conteúdo de PM (Tabela 2), diminuindo a FDN fisicamente efetiva. A influência do consumo de FDN sob o tempo de ruminação tem sido amplamente reportada (WELCH; SMITH, 1969; ZEBELI et al., 2007; SIQUEIRA et al., 2018).

Os aumentos das eficiências de alimentação e ruminação da MS com a inclusão de PM+US foram consequência do maior consumo da dieta em menor tempo e da diminuição no tempo de ruminação, respectivamente.

As diminuições nas eficiências de alimentação e ruminação da FDN_{ncp} com a inclusão de PM+US foram consequência do menor teor de FDN_{ncp} da PM (Tabela 1), o que gerou um menor conteúdo de FDN nas dietas e, portanto, menor consumo dela (Tabela 3).

Consumo e excreção de água

O aumento linear no consumo de água via alimentos seguiu principalmente ao aumento do conteúdo de umidade das dietas pela inclusão de PM (Tabela 5). O consumo voluntário de água (L/d; L/kg MS ingerida e g/PC^{0,75}) foi reduzindo-se com a inclusão de PM+US, coincidindo com outros autores quando utilizaram palma na alimentação de ovinos (GEBREMARIAM; MELAKU; YAMI, 2006; ANDRADE et al., 2016; NETO et al., 2016), o que ressalta a importância da palma como fonte de água em condições do Semiárido, inclusive como fonte única, desde que foi observado que não fornecer água a ovinos alimentados com níveis de PM de 300; 500 e 700 g/kg MS, não influenciou o seu comportamento produtivo (CORDOVA-TORRES et al., 2017).

O consumo voluntário mínimo de água neste experimento foi de 0,555 L/d no nível 600 g PM+US/kg MS. Na literatura têm sido observados menores consumos voluntários de água em ovinos alimentados com palma forrageira com valores de 0,28 e 0,22 L/d para 600 e 700 g/kg MS de inclusão de palma na dieta (GEBREMARIAM; MELAKU; YAMI, 2006; CORDOVA-TORRES et al., 2017; respectivamente); esta diferença foi devido ao maior teor de MS da PM neste experimento (222,9 g/kg), que gerou dietas com menor umidade (675,1 g/kg no máximo nível de inclusão 600 g PM+US/kg MS), enquanto os teores de MS da palma nos experimentos citados

anteriormente foram entre 120 e 140 g/kg, gerando dietas com maior conteúdo de umidade (835 e 819,5 g/kg; GEBREMARIAM; MELAKU; YAMI, 2006 e CORDOVA-TORRES et al., 2017; respectivamente)

O comportamento quadrático observado na produção de água metabólica foi o resultado do mesmo comportamento quadrático observado nos CT digestíveis ($P=0,009$) com valores de 545,4; 657,4; 844,7; 738,6 e 771,9 g/d para os níveis de inclusão de PM+US de 0; 150; 300; 450 e 600 g/kg MS, com consumo máximo de 803,9 no nível 433,9 g PM+US/kg MS, sendo os CT responsáveis em média por 85,8% da água metabólica produzida.

Forbes (1968) sugeriu a equação (consumo de água = $0,32 \times$ consumo de MS + 1,49) para estimativa do consumo de água (via alimentos + consumo voluntário) em animais alimentados com feno (MS de 859 g/kg). Para as dietas com 0; 150 e 300 g PM+US/kg MS (mais próximas da MS da dieta usada para obter a equação) estimou-se um consumo de 1,85; 1,87 e 1,93 L/d, respectivamente. Na Tabela 5 verificou-se consumo maior do que o predito com valores de 2,371; 2,647 e 2,647 L/d, respectivamente.

O mesmo autor sugeriu outra equação (consumo de água = $3,86 \times$ consumo de MS - 0,99) quando usou volumosos com menor teor de MS (silagem de capim; média de 309 g/kg). Para as dietas com 450 e 600 g PM+US/kg MS estimou-se consumo de água de 3,62 e 3,77 L/d, respectivamente; e verificou-se consumo de 3,099 e 3,392 L/d, para a mesma ordem de dietas; possivelmente as exigências de água desses animais já tinham sido atendidas. Portanto, deve-se ter especial consideração nas condições ambientais e conteúdo de MS da dieta quando se quer estimar o consumo de água em ovinos, uma vez que essas equações foram desenvolvidas a temperatura ambiental média de 4,0 e 13,2°C para a equação com silagem e feno, respectivamente; e a temperatura média onde foi desenvolvido o presente experimento foi de 27,5°C.

Vieira et al. (2008) ressaltaram o efeito diurético da palma por ação do seu elevado teor de K e baixo de Na. Apesar desse fato não houve influência da inclusão tanto no volume urinário quanto na excreção de água via urina. Esse comportamento foi contrastante com o observado por outros autores (NETO et al., 2016; REZENDE et al., 2020) quando é incluída palma na dieta, aumentando o volume urinário.

A inclusão de PM+US gerou maior perda de água nas fezes. Quando os animais são alimentados com palma o consumo de água via alimentos é maior enquanto que o

consumo voluntário de água é diminuído e essa maior ingestão de água não controlada pelo animal poderia alterar os mecanismos de reabsorção de água no intestino grosso (NETO et al., 2016). De Waal et al. (2006) e Menezes et al. (2010), usando níveis crescentes de palma desidratada na dieta de ovinos, observaram maior umidade nas fezes, portanto, uma alteração independente do consumo de água via alimentos ocorre nos mecanismos de reabsorção de água no intestino grosso quando fornece-se palma.

Dinâmica ruminal

A diminuição na K_i da FDN obedece ao mesmo comportamento observado na eficiência de alimentação da FDN.

Apesar de se observar comportamento quadrático no consumo de MS (Tabela 3), houve redução linear na K_p da FDN (Tabela 6), fato inesperado sendo que um aumento de consumo está diretamente relacionado com aumento da K_p (DETMANN et al., 2009). Este resultado pode estar associado a maior taxa de passagem da fase líquida do rúmen, uma vez que foi observado diminuição linear ($P=0,001$) na quantidade de líquido no rúmen com a inclusão de PM+US, com valores de 3,26; 3,10; 2,89; 2,93 e 2,55 kg, nos respectivos níveis de inclusão de PM+US de 0; 150; 300; 450 e 600 g/kg MS, essa possível maior taxa de passagem do líquido poderia ter induzido o consumo de MS até atingir o valor máximo, onde posteriormente diminuiu pela possível regulação metabólica

A diminuição linear na K_p da FDN pode ser consequência da diminuição no tempo de ruminação (Tabela 4), uma vez que esta é necessária para diminuir o tamanho de partícula e conseqüentemente aumento da taxa de passagem (AIKMAN; REYNOLDS; BEEVER, 2008). McLeod e Minson (1988) observaram que a mastigação primária (na alimentação) foi responsável por 25% na redução das partículas maiores, enquanto que a mastigação secundária (ruminação) por 50%.

A diminuição linear na K_d da FDN pode ser devido à possível diminuição no nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) quando se inclui palma na dieta (BISPO et al., 2007), uma vez que estas tem sido relacionadas ($R^2 = 0,9218$, DETMANN et al., 2009). No entanto, as concentrações de NAR que estimulam à degradação da celulose e da hemicelulose influenciam mais os microrganismos aderidos ao alimento do que aos microrganismos livres no líquido ruminal (MCALLAN; SMITH, 1983), portanto apesar das baixas concentrações de NAR, estas poderiam ser suficientes para que os

microrganismos aderidos degradem outros componentes da dieta como os CNF (DETMANN et al., 2009), e o consumo destes últimos aumentou com a inclusão de PM+US (Tabela 3).

A redução na Kd da FDN, quando foi incluída a PM+US, pode ter contribuído para maior repleção ruminal, reduzindo a Kp da FDN. A diminuição linear da Kp da FDN, possivelmente promoveu o aumento na digestão da FDN no rúmen, pelo maior tempo de residência da FDN nesse compartimento, mesmo havendo redução na Kd da FDN, uma vez que em dietas com baixo conteúdo de fibra fisicamente efetiva, a redução do tamanho de partículas fibrosas ocorre pela ação microbiana (PEARCE; MOIR, 1964), fato que pode explicar a igualdade na digestibilidade aparente da FDN.

CONCLUSÕES

Em ovinos alimentados com dietas com relação volumoso:concentrado 70:30 recomenda-se um volumoso constituído por uma proporção PM+US:FCT de 44:26 para maximizar o consumo de EM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIKMAN, P. C.; REYNOLDS, C. K.; BEEVER, D. E. Diet digestibility, rate of passage, and eating and rumination behavior of Jersey and Holstein cows. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 3, p. 1103–1114, 2008.
- ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 10, p. 3317–3334, 2009.
- ANDRADE, S. F. J. et al. Palma forrageira in natura ou desidratada na dieta de ovinos. **Acta Scientiarum - Animal Sciences**, v. 38, n. 2, p. 155–161, 2016.
- AOAC. Animal feed. In: HELRICH, K. (Ed.). **Association of Official Analytical Chemists (AOAC)**. 15th. ed. Arlington, VA. USA: Association of Official Analytical Chemists, Inc., 1990. Ip. 69–90.
- BATISTA, A. M. et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology and Management**, v. 62, n. 3, p. 297–301, 2009.
- BEAUCHEMIN, K. A. Ingestion and mastication of feed by dairy cattle. **The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, v. 7, n. 2, p. 439–463, 1991.
- BEAUCHEMIN, K. A. et al. Short Communication: salivary secretion during meals in lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 91, n. 5, p. 2077–2081, 2008.
- BEEDE, D. K. Water: the most important nutrient for dairy cattle. In: 31st Florida Dairy Production Conference, Gainesville, USA. **Anais...** Gainesville, USA: 1994.
- BEN SALEM, H. et al. Effect of increasing level of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* var. *inermis*) on intake and digestion by sheep given straw-based diets. **Animal Science**, v. 62, n. 2, p. 293–299, 1996.
- BISPO, S. V. et al. Palma forrageira em substituição ao feno de capim-elefante. Efeito sobre consumo, digestibilidade e características de fermentação ruminal em ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1902–1909, 2007.
- CARVALHO, G. G. P. et al. Degradabilidade ruminal do feno de forrageirastropicais ruminal degradability of tropical forages hays. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 12, n. 1, p. 81–85, 2006.
- CONCEIÇÃO, M. G. et al. Replacement of wheat bran with spineless cactus in sugarcane-based diets for steers. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 45, n. 4, p. 158–164, 2016.
- CORDOVA-TORRES, A. V. et al. Performance of sheep fed forage cactus with total

water restriction. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 18, n. 2, p. 369–377, 2017.

COSTA, C. T. F. et al. Intake, total and partial digestibility of nutrients, and ruminal kinetics in crossbreed steers fed with multiple supplements containing spineless cactus enriched with urea. **Livestock Science**, v. 188, n. 2016, p. 55–60, 2016.

DE WAAL, H. O.; ZEEMAN, D. C.; COMBRINCK, W. J. Wet faeces produced by sheep fed dried spineless cactus pear cladodes in balanced diets. **South African Journal of Animal Sciences**, v. 36, n. 5 (Supplement 1), p. 10–13, 2006.

DETMANN, E. et al. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science**, v. 126, n. 1–3, p. 136–146, 2009.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p. 980–984, 2010.

FERREIRA, M. A. et al. The Use of Cactus as Forage for Dairy Cows in Semi-Arid Regions of Brazil. In: KONVALINA, P. (Ed.). **Organic Farming and Food Production**. South Bohe ed. London, UK: Intechopen, 2012. p. 169–189.

FERREIRA, M. A.; URBANO, S. A. Novas tecnologias para alimentação de bovinos leiteiros na seca. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 15, n. 1, p. 42–52, 2013.

FORBES, J. M. The water intake of ewes. **British Journal of Nutrition**, v. 22, n. 1, p. 33–43, 1968.

GEBREMARIAM, T.; MELAKU, S.; YAMI, A. Effect of different levels of cactus (*Opuntia ficus-indica*) inclusion on feed intake, digestibility and body weight gain in tef (*Eragrostis tef*) straw-based feeding of sheep. **Animal Feed Science and Technology**, v. 131, n. 1–2, p. 43–51, 2006.

HUANG, J. et al. Global semi-arid climate change over last 60 years. **Climate Dynamics**, v. 46, n. 3–4, p. 1131–1150, 2016.

KETELAARS, J. J. M. H.; TOLKAMP, B. J. Toward a new theory of feed intake regulation in ruminants 1. Causes of differences in voluntary feed intake: critique of current views. **Livestock Production Science**, v. 30, n. 4, p. 269–296, 1992.

KRIZSAN, S. J.; HUHTANEN, P. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1715–1726, 2013.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347–358, 1996.

MACHADO, M. G. et al. Evaluation of the length of adaptation period for changeover and crossover nutritional experiments with cattle fed tropical forage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, n. 2016, p. 132–148, 2016.

MARENGO, J. A. et al. Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973–1985, 2018.

MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, n. 3–4, p. 1189–1200, 2017.

MARTIN, P.; BATESON, P. **Measuring Behaviour. An Introductory Guide**. Third Edit ed. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press, 2007.

MCALLAN, A. B.; SMITH, R. H. Factors influencing the digestion of dietary carbohydrates between the mouth and abomasum of steers. **British Journal of Nutrition**, v. 50, n. 2, p. 445–454, 1983.

MCLEOD, M. N.; MINSON, D. J. Large particle breakdown by cattle eating ryegrass and alfalfa. **Journal of animal science**, v. 66, n. 4, p. 992–999, 1988.

MELO, J. C. O fenômeno El Niño e as secas no Nordeste do Brasil. **Raízes**, v. 20, p. 13–21, 1999.

MENEZES, C. M. D. C. et al. Effects of sun-dried *Opuntia ficus-indica* on feed and water intake and excretion of urine and faeces by Dorper sheep. **South African Journal of Animal Sciences**, v. 40, n. 5, Supplement 1, p. 491–494, 2010.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217–1240, 2002.

MONTEIRO, C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v. 59, n. 3, p. 479–485, 2018.

NEFZAOU, A.; BEN SALEM, H. *Opuntia* spp. A strategic fodder and efficient tool to combat desertification in the Wana region. In: MONDRAGON-JACOBO, C.; PÉREZ-GONZÁLEZ, S. (Ed.). **Cactus (*Opuntia* spp.) as forage**. Rome, Italy: FAO plant production and protection paper 169., 2001. p. 73–90.

NETO, J. P. et al. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 322–328, 2016.

NRC. **Nutrient Requirements of Beef Cattle**. 7th. ed. Washington, D.C. USA.: National Research Council. National Academy Press, 2000.

NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, goats, cervids and new world camelids.** Washington, D.C. USA.: The National Academies Press, 2007.

PEARCE, G. R.; MOIR, R. J. Ruminant in sheep. I. The influence of rumination and grinding upon the passage and digestion of food. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 15, n. 4, p. 635–644, 1964.

REIS FILHO, R. J. C.; OLIVEIRA, F. Z. Opções de produção de alimentos para a pecuária de Pernambuco - Uso das áreas irrigadas. In: Fórum Permanente de Convivência Produtiva com as Secas., Recife, Pernambuco. **Anais...** Recife, Pernambuco: SEBRAE/PE, 2014.

REZENDE, F. M. et al. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw Haw) to replace sorghum silage in sheep diet. **Tropical Animal Health and Production**, p. (in press), 2020.

ROBINSON, P. H.; TAMMINGA, S.; VAN VUUREN, A. M. Influence of declining level of feed intake and varying the proportion of starch in the concentrate on milk production and whole tract digestibility in dairy cows. **Livestock Production Science**, v. 17, p. 37–62, 1987.

SAFRIEL, U. et al. Dryland Systems. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (Ed.). **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends.** Washington, D.C. USA: ISLAND PRESS, 2005. Ip. 623–662.

SANTOS, D. C. et al. Características agrônomicas de clones palma resistentes a cochonilha do carmim em Pernambuco. In: V Congresso Nordestino de Produção Animal, Aracajú, Sergipe, Brasil. **Anais...** Aracaju, Sergipe, Brasil: 2008.

SANTOS, M. V. F. et al. Estudo do comportamento das cultivares de palma forrageira gigante, redonda (*Opuntia ficus-indica*) e miúda (*Nopalea cochellinifera*) na produção de leite. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* 19, 504-511. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 19, n. 6, p. 504–511, 1990.

SIQUEIRA, M. C. B. et al. Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed spineless cactus. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 13–22, 2018.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562–3577, 1992.

TAFFAREL, L. E. et al. Produção de matéria seca e valor nutritivo do feno do tifton 85 adubado com nitrogênio e colhido com 35 dias. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, n. 3, p. 544–560, 2014.

TAMMINGA, S. et al. Rumen ingesta kinetics of cell wall components in dairy cows. **Animal Feed Science and Technology**, v. 25, n. 1–2, p. 89–98, 1989.

VALENTE, T. N. P. et al. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 666–675, 2011a.

VALENTE, T. N. P. et al. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens , concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1148–1154, 2011b.

VAN SOEST, P. J. Collaborative study of acid-detergent fiber and lignin. **Journal A.O.A.C.**, v. 56, n. 4, p. 781–784, 1973.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal A.O.A.C.**, v. 51, n. 4, p. 780–785, 1968.

VIEIRA, E. L. et al. Effects of feeding high levels of cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) cladodes on urinary output and electrolyte excretion in goats. **Livestock Science**, v. 114, n. 2–3, p. 354–357, 2008.

WELCH, J. G.; SMITH, A. M. Influence of forage quality on rumination time in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 28, n. 6, p. 813–818, 1969.

YAMORI, W.; HIKOSAKA, K.; WAY, D. A. Temperature response of photosynthesis in C3, C4, and CAM plants: Temperature acclimation and temperature adaptation. **Photosynthesis Research**, v. 119, n. 1–2, p. 101–117, 2014.

ZEBELI, Q. et al. Effects of varying dietary forage particle size in two concentrate levels on chewing activity, ruminal mat characteristics, and passage in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 90, n. 4, p. 1929–1942, 2007.

CAPÍTULO 2

Palma Miúda mais ureia e feno de capim Tifton: como maximizar o valor nutritivo de dietas para ovinos em regiões semiáridas

Palma Miúda mais ureia e feno de capim Tifton: como maximizar o valor nutritivo de dietas para ovinos em regiões semiáridas

RESUMO

Nas regiões semiáridas, o uso de um volumoso adaptado às condições de déficit hídrico como a palma forrageira associada com uma fonte de fibra fisicamente efetiva poderia ser uma opção alimentar para ovinos. Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de 0; 150; 300; 450 e 600 g/kg de matéria seca (MS) de palma miúda (PM; *Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck) mais ureia e sulfato de amônio (US; 9:1) em substituição ao feno de capim Tifton (*Cynodon dactylon* var. Tifton) sobre o consumo de MS, matéria orgânica digestível (MOD), fermentação ruminal, o balanço de nitrogênio (N) e síntese de proteína microbiana (Pmic). Cinco ovinos mestiços castrados com $43,8 \pm 5,80$ kg fistulados e canulados no rúmen foram distribuídos ao acaso em delineamento quadrado Latino 5×5 . As dietas foram isonitrogenadas (14% proteína bruta) constituídas adicionalmente por farelo de soja, milho moído, sal comum e mistura mineral (relação volumoso:concentrado 70:30). Os dados foram analisados por meio de análise de variância e contrastes ortogonais. Os consumos de MS, MOD, N assim como o N retido e a síntese de Pmic apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$) com máximos valores de 1281,4; 909,8; 30; 14,1; 48,8 g/d; estimados para os níveis de PM+US 355,5; 413,8; 440; 363,3; 438,3 e 418 g/kg MS, respectivamente. O pH e N amoniacal ruminal, a excreção de N na urina, e ureia e amônio no sangue diminuíram linearmente ($P < 0,05$) com a inclusão de PM+US. As concentrações de acetato e propionato no rúmen aumentaram linearmente com a inclusão de PM+US. A eficiência da síntese de Pmic não foi influenciada pela inclusão de PM+US ($P > 0,05$). Em ovinos alimentados com dietas com relação volumoso:concentrado 70:30 recomenda-se um volumoso constituído por uma proporção PM+US:feno de 41:29 para maximizar o consumo de MOD, a retenção de N e a síntese de Pmic.

Palavras-chave: Consumo; Nitrogênio; Seca; Volumoso

Spineless cactus and Tifton hay: how to maximize the nutritive value of diets for sheep in semiarid regions

ABSTRACT

In semiarid regions, providing a roughage adapted to water deficit conditions such as spineless cactus (SC) associated with a source of physically effective fiber could be a feed alternative for sheep. The aim of this study was to evaluate the effect of adding 0, 150, 300, 450 and 600 g/kg dry matter (DM) of SC (*Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck) plus urea and ammonium sulfate (UAS; 9:1) replacing Tifton hay (*Cynodon dactylon* var. Tifton) on DM intake (DMI), digestible organic matter intake (DOMI), ruminal fermentation, nitrogen (N) balance and microbial protein supply (MPS). Five rumen fistulated and cannulated crossbred wether sheep with average body weight of 43.8 ± 5.80 kg, were randomized in 5×5 Latin square design. Isonitrogenous diets (14% crude protein) were based on soybean meal, corn ground, common salt and mineral mixture (roughage-to-concentrate ratio, 70:30). Data were submitted to variance and polynomial orthogonal contrasts analyses. The DMI, DOMI and N intake, as well as N retained and MPS showed quadratic responses ($P < 0.05$) with maximum values of 1,281.4, 909.8, 30, 14.1 and 48.8 g/d estimated for the levels of SC+UAS 355.5, 413.8, 440, 363.3, 438.3 and 418 g/kg DM, respectively. Rumen pH and rumen ammonia N, N urinary excretion, and serum urea and plasma ammonia reduced linearly ($P < 0.05$) with SC+UAS inclusion. Acetate and propionate concentrations in the rumen increased linearly with SC+UAS inclusion. The efficiency of MPS was not influenced by SC+UAS inclusion ($P > 0.05$). In sheep diets with roughage:concentrate ratio of 70:30, roughage consisting of SC (with urea+ammonium sulfate) and Tifton hay in a 41:29 ratio, is recommended to maximize the DOMI, N retention and MPS.

Keywords: Drought; Intake; Nitrogen; Roughage.

INTRODUÇÃO

Nas regiões áridas e semiáridas a produção de ovinos é uma atividade econômica importante. Os ovinos são capazes de usar biomassa de baixa qualidade em tempos de escassez e transformá-la em produtos úteis, como leite, carne e lã (CHEDID et al., 2014). Portanto, diante do crescimento da região semiárida (SAFRIEL et al., 2005; HUANG et al., 2016), para a alimentação desses ruminantes é preciso uma fonte de volumoso com bom potencial de produção e adaptado aos efeitos das adversidades edafoclimáticas, principalmente do déficit hídrico (GALVÃO JÚNIOR et al., 2014), e a palma forrageira (PF) se mostra como uma excelente opção.

A PF é uma excelente fonte de carboidratos não fibrosos (CNF; 523-660 g/kg MS), no entanto, apresenta baixos teores de fibra em detergente neutro (FDN; 217-277 g/kg MS) e proteína bruta (PB; 34-41 g/kg MS) (SIQUEIRA et al., 2018; CARDOSO et al., 2019; INÁCIO et al., 2020), os quais não são suficientes para o adequado desempenho animal, pois deve ser associada a outro volumoso como fonte de fibra fisicamente efetiva e uma fonte de proteína (BATISTA et al., 2009).

Os volumosos conservados como silagem e feno, usados nas regiões semiáridas, são produzidos em outras regiões sem limitações hídricas e comercializadas naquelas, aspecto que acarreta aumento no custo de alimentação, sendo o preço desses volumosos maiores quando comparado com a PF (SIQUEIRA et al., 2017). No entanto, o uso deles como fonte de fibra fisicamente efetiva junto à PF poderia ser uma opção alimentar para diminuir o custo da ração e fazer uso eficiente dos recursos alimentares da região semiárida. O feno de capim Tifton (FCT; *Cynodon dactylon* var. Tifton) é um volumoso de média a alta qualidade nutricional, que pode ser usado como fonte de fibra.

Portanto, hipotetizou-se que existe uma relação PF:FCT que maximiza a fermentação ruminal e conseqüentemente o consumo e utilização do nitrogênio (N) da dieta. Neste sentido, objetivou-se avaliar, em ovinos, o efeito da inclusão de Palma Miúda (PM; *Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck) corrigida com a mistura ureia e sulfato de amônio (US), sobre o consumo de matéria seca (MS), matéria orgânica digestível (MOD), fermentação ruminal, balanço de N e síntese de proteína microbiana ruminal.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Avaliação de Alimentos para Pequenos Ruminantes II, do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, Brasil, localizada nas coordenadas 08°01'13.4"S e 34°57'14.9"O, com clima classificado segundo Köppen-Geiger como tropical quente e úmido (As'). A altitude é de 4 m, a precipitação anual média é de 1.804 mm, e a temperatura média anual é de 27,5°C, podendo variar entre 24 a 31°C.

Todos os procedimentos experimentais com os animais foram aprovados pelo Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA) da UFRPE (licença nº 069/2016).

Animais e dietas experimentais

Cinco ovinos mestiços castrados com peso corporal (PC) de $43,8 \pm 5,80$ kg dotados de fístula permanente no rúmen, foram distribuídos ao acaso em cinco dietas sobre um delineamento quadrado Latino 5×5 . Os animais foram tratados contra endo e ectoparasitas via oral antes do início do experimento.

Os animais foram alojados em baias individuais ($0,93 \times 1,54$ m) equipadas com comedouros e bebedouros. O experimento teve duração de 110 dias, com cinco períodos experimentais, cada um deles com duração de 22 dias, sendo 14 dias de adaptação às dietas (MACHADO et al., 2016) e 8 dias para coleta de dados e amostras.

A composição química-bromatológica dos ingredientes das dietas experimentais está apresentada na Tabela 1. As dietas (Tabela 2) consistiram em FCT como fonte exclusiva de volumoso na dieta, e substituição de 20; 40; 60 e 80% do FCT pela PM mais mistura ureia e sulfato de amônio (9:1) (PM+US), o que representou na matéria seca da dieta 150; 300; 450 e 600 g/kg MS. Adicionalmente foram constituídas por farelo de soja, milho, sal comum e mistura mineral, com uma relação volumoso:concentrado de 70:30 (Tabela 2). As dietas (isonitrogenadas, 14% PB) foram fornecidas *ad libitum* na forma de ração completa, duas vezes ao dia (08h00 e 16h00) e ajustadas diariamente em função do consumo do dia anterior, permitindo-se quantidade de sobras de 5 a 10% do total de MS fornecida.

Tabela 1. Composição química dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais (g/kg MS).

	Feno de Tifton	Palma miúda	Farelo de soja	Milho	Ureia	Sulfato de amônio
MS ^a	929,0	222,9	918,4	898,7	990,7	994,3
Cinza	103,1	91,5	74,1	15,6	-	-
MO	896,9	908,5	925,9	984,4	-	-
PB	117,9	33,3	518,0	99,7	2899,8	1295,2
EE	14,3	15,3	15,6	43,8	-	-
FDNcp	651,3	147,6	96,9	80,2	-	-
FDNi	298,1	80,1	1,60	4,04	-	-
FDA	366,3	98,1	85,4	29,5	-	-
Lignina	61,5	10,3	4,33	10,1	-	-
CNF	113,3	712,4	295,3	760,7	-	-
CT	764,6	860,0	392,3	840,9	-	-

^ag/kg de matéria natural. MS: matéria seca. MO: matéria orgânica. PB: proteína bruta. EE: extrato etéreo. FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. FDNi: FDN indigestível. FDA: fibra em detergente ácida. CNF: carboidratos não fibrosos. CT: carboidratos totais.

Tabela 2. Composição e análise química das dietas experimentais.

Ingredientes (g/kg MS)	Inclusão de PM+US (g/kg MS)				
	0	150	300	450	600
Feno de Capim Tifton	693,1	549,2	399,2	250,2	99,3
Palma Miúda	0,00	146,6	292,9	437,2	582,9
Milho	208,3	203,7	203,8	203,9	204,8
Farelo de soja	83,5	81,6	81,6	81,7	82,1
Ureia+Sulfato de amônio	0,00	3,96	7,64	12,0	15,9
Sal comum	5,00	4,97	4,96	5,00	5,00
Mistura Mineral ^a	10,1	9,97	9,90	10,0	10,0
Composição química (g/kg MS)					
MS ^b	922,4	628,9	478,3	387,2	324,9
MO	919,1	920,7	922,7	924,7	927,0
PB	145,7	143,1	140,3	141,0	140,0
EE	20,4	20,3	20,4	20,5	20,6
FDNcp	476,3	403,5	327,4	251,7	175,0
FDNi	207,6	176,4	143,4	110,5	77,2
FDA	267,1	228,5	187,9	147,5	106,6
CNF	276,8	360,6	447,8	533,9	621,4
CT	753,1	757,2	761,9	764,5	768,7
FDNcp via feno	451,6	357,6	260,0	163,0	64,6

^aNíveis de garantia fornecidos pelo fabricante: (g/kg) 120 Ca, 87 P, 147 Na, 18 S, (mg/kg) 590 Cu, 40 Co, 20 Cr, 1.800 Fe, 80 I, 1.300 Mn, 15 Se, 3.800 Zn, 10 Mo e 870 F (máximo). ^bg/kg de matéria natural.

PM: palma Miúda. US: ureia+sulfato de amônio. MS: matéria seca. MO: matéria orgânica. PB: proteína bruta. EE: extrato etéreo. FDNcp: fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína. FDNi: FDN indigestível. FDA: fibra em detergente ácida. CNF: carboidratos não fibrosos. CT: carboidratos totais.

Medições e amostragem

Os alimentos fornecidos e as sobras foram pesadas (Balança Ramuza, Modelo Ramuzatron 15, Brasil) do 15° ao 22° dia do período experimental, para estimar o consumo de MS e FDN indigestível (FDNi).

Para estimativa do consumo de MOD e nutrientes digestíveis totais (NDT) foi realizada a coleta total de fezes do 17° ao 19° dia de cada período experimental, utilizando-se bolsas coletoras adaptadas ao corpo dos animais.

As amostras coletadas de alimentos fornecidos, das sobras e das fezes foram pré-secas em estufa de ventilação forçada (Tecnal®, Modelo TE 394-2, Brasil) a 55°C até obter peso constante. Posteriormente foi feita amostra composta de cada material (alimentos fornecidos, sobras, fezes) por animal e por período para posterior análise química-bromatológica.

Para avaliação do pH ruminal, foram tomadas amostras de conteúdo ruminal de diferentes partes do rúmen no 16º dia de cada período às 0; 2; 4; 6 e 8h depois do fornecimento da ração das 08h00. O material foi filtrado em gaze cirúrgica e, logo após, o pH foi mensurado com potenciômetro (Kasavi, Modelo K39-0014P, Taiwan).

Do líquido ruminal extraído (em cada tempo de amostragem de pH) foram depositados 30 mL em frascos plásticos com 1,5 mL de HCl 6N. As amostras foram armazenadas a -20°C para posteriores análises de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e os ácidos graxos voláteis (AGV).

Para a estimativa do balanço aparente de N e excreção de derivados de purinas, durante os três dias da coleta de fezes foi realizada a coleta total de urina com o uso de funis coletores e mangueiras acoplados ao órgão genital dos animais para conduzir a urina até um recipiente contendo 100 mL de ácido sulfúrico a 10%, e aferindo-se o pH para manter este inferior a 3,0. Ao final de cada dia de coleta foram determinados o peso e o volume total de urina, depois filtrada em quatro camadas de gaze e diluída com água até completar 4 L (CHEN et al., 1992). Uma alíquota de 50 mL foi congelada a -20°C para análise química.

No 19º dia de cada período experimental foi realizada a coleta de sangue nos animais, quatro horas após a alimentação matinal, por meio de punção da veia jugular com agulhas 21G×1” (Vacuette®, Greiner Bio-One, Áustria), utilizando-se tubos Vacuette® (Greiner Bio-One, Brasil) sem e com anticoagulante (EDTA). As amostras de sangue foram centrifugadas (Centribio®, Modelo 80-2B 15 mL, Índia) a 1016 × g por 15 minutos e o plasma e soro obtido foram armazenados a -20°C.

Análises químicas

As amostras compostas dos alimentos fornecidos, das sobras e das fezes foram moídas (Marconi®, Modelo MA 340, Brasil) passando por peneira com crivo de 1 mm e feitas as análises químicas segundo a AOAC (1990) para determinação de MS a 105°C

por gravimetria (código 930.04), N (código 984.13) pelo método Kjeldhal, extrato etéreo por extração com éter de petróleo (código 920.39), cinza por ignição a 600°C (código 942.05). O N na urina foi determinado pelo método Kjeldhal.

Para determinar o teor e consumo de FDN_i, amostras de alimentos e sobras (moídas em crivo de 2 mm) foram incubadas no rúmen de um bovino durante 288 horas, segundo Krizsan e Huhtanen (2013), usando sacos de TNT (VALENTE et al., 2011a) para a posterior determinação do teor de FDN.

Foram feitas as determinações de FDN (ingredientes, sobras, fezes, material incubado no rúmen) com alfa-amilase termoestável (exceto no material incubado no rúmen) e sem uso de sulfito de sódio (MERTENS, 2002) usando sacos de TNT (VALENTE et al., 2011b), e só nos ingredientes quantificou-se a fibra em detergente ácido (FDA) e lignina por hidrólise ácida, segundo Van Soest (1973), exceto a lignina da PM que foi feita por oxidação com permanganato de potássio (VAN SOEST; WINE, 1968). A FDN foi corrigida para cinzas, como sugerem Mertens et al. (2002), e corrigida para compostos nitrogenados (LICITRA; HERNANDEZ; VAN SOEST, 1996) (FDN_{cp}).

Para a determinação de AGV e NAR, 7 mL de amostra foram centrifugadas (CentriBio®, Modelo 80-2B-15mL, Índia) a $1016 \times g$ por 10 minutos. Os AGV (acetato, propionato e butirato) foram determinados no sobrenadante por cromatografia gasosa (ERWIN; MARCO; EMERY, 1961) em um equipamento CG-Master® (Brasil) com detector de ionização de chama, coluna Carbowax (DB-Wax; 60 m, 0,25 mm e 1 μ m) e temperaturas no vaporizador, detector e forno de 200; 200 e 120°C, respectivamente. No caso do NAR, 2 mL do sobrenadante foram centrifugados a $20817 \times g$ a 4°C por 30 minutos (Eppendorf®, Modelo AG2231, Alemanha). Do sobrenadante se tomaram alíquotas para determinar NAR pelo método colorimétrico descrito por Chaney e Marbach (1962) sendo a absorvância medida em um espectrofotômetro Agilent® (Modelo 8453, China).

Para a determinação de glicose (no soro), ácido úrico (na urina) e ureia (no soro e na urina), foram utilizados kits Labtest® (Labtest Diagnostica S.A, Brasil) em um equipamento Labmax 240 (Labtest®, Modelo Prestige 24i, Japão). Para a determinação de amônio no plasma e na urina foi utilizado o mesmo método colorimétrico descrito para o NAR. A concentração de alantoína na urina foi determinada pelo método colorimétrico

descrito por Chen e Gomes (1992) medindo a absorvância no mesmo espectrofotômetro descrito anteriormente.

Cálculos

A composição química das dietas foi calculada a partir da proporção de ingredientes e seus respectivos valores de composição química. Os teores de CNF foram calculados segundo Detmann e Valadares Filho (2010). A matéria orgânica (MO) foi calculada por diferença com a cinza (MO = 1000 g/kg MS – g cinza/kg MS). Os consumos de MS, FDNi e N foram estimados por meio da diferença entre a quantidade fornecida de cada um deles e a quantidade presente nas sobras. A estimativa do balanço de N foi obtida pela subtração das excreções urinárias e fecais de N do consumo de N.

A quantidade de derivados de purina excretada foi calculada como a somatória da excreção urinária diária de alantoína e ácido úrico, sem considerar a excreção de xantina e hipoxantina, uma vez que a alantoína+ácido úrico está altamente correlacionada à concentração de ácidos nucleicos no rúmen (TOPPS; ELLIOTT, 1965). As purinas absorvidas foram calculadas segundo o modelo matemático descrito por Chen et al. (1990). O N microbiano (Nmic) foi estimado segundo Chen et al. (1992) e a quantidade de proteína microbiana (Pmic) foi calculada (Nmic × 6,25). A quantidade de matéria orgânica fermentável no rúmen (MOFR) foi assumida como 65% do consumo de MOD (AFRC, 1995). O consumo de NDT foi calculado segundo Sniffen et al. (1992).

Análise estatística

Os dados foram analisados com o procedimento MIXED de SAS (Version 9.4; SAS Inst., Inc., NC, USA) utilizando um delineamento quadrado Latino 5 × 5. O modelo estatístico foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + A_k + E_{ijk},$$

em que Y_{ijk} é a variável dependente, μ é a média de todas as observações, T_i é o efeito fixo da dieta i , P_j é o efeito aleatório do período j , A_k é o efeito aleatório do animal k e $E_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$ representa o erro residual.

O pH, NAR e os AGV foram analisados com medidas repetidas, por meio de modelo misto (LITTELL; HENRY; AMMERMAN, 1998), e o modelo estatístico foi:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + A_{ki} + H_l + (TH)_{il} + E_{ijkl},$$

em que Y_{ijk} é a variável dependente, μ é a média de todas as observações, T_i é o efeito fixo da dieta i , P_j é o efeito aleatório do período j , A_k é o efeito aleatório do animal k na dieta i , H_l é o efeito fixo da hora de coleta l , $(TH)_{il}$ é o efeito fixo da interação da dieta i com a hora de coleta l , e $E_{ijk} \sim N(0, \sigma_e^2)$ representa o erro residual.

Foram feitos contrastes ortogonais polinomiais para estimativa dos efeitos linear e quadrático. Quando houve interações significativas foram utilizados o procedimento PLM de SAS e teste de Tukey-Kramer. Os efeitos foram considerados significativos com $P < 0,05$.

RESULTADOS

Consumo de MS, MOD e FDNi

Os consumos de MS (g/d), MOD (g/d) e consumo de MS expresso como g/kg PC, apresentaram comportamento quadrático ($P \leq 0,027$; Tabela 3) com valores máximos de 1281,4; 909,8 g/d e 27,4 g/kg de PC, respectivamente, para a mesma ordem de níveis de PM+US de 355,5; 413,8 e 343,3 g/kg MS, enquanto o consumo de FDNi diminuiu linearmente com a inclusão de PM+US.

Tabela 3. Consumo (C) de matéria seca (MS), matéria orgânica digestível (MOD) e FDN indigestível (FDNi) de ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton

Variáveis	Níveis de PM+US (g/kg MS)					EPM	Valor P	
	0	150	300	450	600		L	Q
CMS								
g/d	1109,8	1178,9	1379,4	1185,3	1235,6	78,6	0,066	0,014 ^a
g/kg PC	23,9	25,6	29,5	25,5	26,7	2,25	0,086	0,027 ^b
CMOD (g/d)	691,8	782,0	984,4	838,7	905,1	59,0	0,001	0,012 ^c
CFDNi								
g/d	217,2	189,0	171,0	105,8	90,9	15,5	0,000	0,577
g/kg CMS	193,7	160,3	124,3	89,0	73,4	5,29	0,000	0,175

PC: Peso corporal. EPM: erro padrão da média. P: valor da probabilidade. L: linear. Q: quadrático.

^aCMS (g/d) = $-0,0014PM+US^2 + 0,9952PM+US + 1104,5$. ^bCMS (g/kg PC) = $-0,00003PM+US^2 + 0,0206PM+US + 23,869$. ^cCMOD = $-0,0013PM+US^2 + 1,0759PM+US + 687,21$.

pH, NAR e AGV

O pH ruminal e o NAR (Tabela 4) diminuíram linearmente com a inclusão de PM+US ($P < 0,0001$). Houve um comportamento quadrático tanto para pH quanto para NAR em função do horário de coleta ($P < 0,0001$). Estimou-se o valor mínimo de pH em 6,18 às 5,17 h após fornecimento da 1ª refeição, enquanto o valor máximo de NAR foi estimado em 188,8 mg/L às 1,84 h após do fornecimento.

Não houve interação entre os níveis de inclusão e horário de coleta para o caso de pH ($P=0,354$), enquanto que para NAR houve interação ($P<0,0001$; Tabela 4 e Figura 1). Na hora 0 (antes do fornecimento), a menor concentração foi observada no nível 600 g PM+US/kg MS (68 mg/L). Todos os níveis de inclusão apresentaram a maior concentração de NAR na hora 2 ($P<0,0001$), com superioridade para o nível 600 g PM+US/kg MS (334,2 mg/L; $P<0,0001$) sobre os outros níveis de inclusão. A partir das 4 h após do fornecimento a maior concentração de NAR foi observada em 0 g PM+US/kg MS (167,1 mg/L; $P=0,022$), e menores a partir do nível 300 g PM+US/kg MS.

No nível 0 g PM+US/kg MS observou-se similares concentrações de NAR às 0; 4; 6 e 8 h, e o mesmo comportamento foi observado no nível 150 g PM+US/kg MS.

As concentrações de acetato e propionato (Tabela 4) aumentaram linearmente com a inclusão de PM+US ($P\leq 0,048$). Em função do horário de coleta verificou-se comportamento quadrático ($P<0,0001$). Estimaram-se as concentrações máximas em 61,7 e 21,6 mmol/L, respectivamente, às 4,77 e 5,17 h após do fornecimento, para a mesma ordem de ácidos (Tabela 4).

Houve interação entre o nível de inclusão e o horário de coleta para a concentração de propionato ($P=0,033$; Tabela 4 e Figura 2). Analisando individualmente cada nível de inclusão durante as 8 h de coleta, os níveis 0 e 150 g PM+US/kg MS não proporcionaram alterações nas concentrações de propionato nos cinco horários de coleta ($P=0,896$ e $P=0,471$, respectivamente). Os demais níveis de inclusão proporcionaram mudanças nas concentrações de propionato ($P\leq 0,0049$), com menores valores no primeiro horário de coleta (0 h). As concentrações no nível 300 g PM+US/kg MS aumentaram em cada hora de coleta, enquanto no nível 450 g PM+US/kg MS observou-se a maior concentração às 4 h, e às 6 h no nível 600 g PM+US/kg MS.

Tabela 4. pH ruminal e concentrações de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) e ácidos graxos voláteis em ovinos alimentados com níveis crescentes de palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton

Variáveis	Níveis de PM+US (g/kg MS)						Hora de coleta						Valor P				
	0	150	300	450	600	EPM	0	2	4	6	8	EPM	PM+US		H		Interação
													L	Q	L	Q	
pH	6,54	6,47	6,27	6,22	6,16	0,07	6,62	6,33	6,20	6,21	6,30	0,05	0,000	0,495	0,000	0,000 ^a	0,354
NAR ¹	172,3	148,0	149,1	137,6	137,2	8,10	139,6	281,0	128,6	102,1	91,7	6,44	0,005	0,258	0,000	0,000 ^b	0,000
Acetato ²	53,1	53,9	59,2	58,9	62,8	4,46	50,5	59,0	61,0	60,5	57,0	3,41	0,048	0,978	0,019	0,000 ^c	0,777
Propionato ²	12,7	13,2	18,9	23,4	28,4	2,50	15,0	19,5	21,2	21,1	19,8	1,54	0,000	0,386	0,000	0,000 ^d	0,033
Butirato ²	8,89	9,76	9,91	10,3	11,5	0,97	9,56	9,76	10,4	10,5	10,2	0,53	0,074	0,798	0,108	0,214	0,655
A:P ³	4,23	4,14	3,18	2,82	2,32	0,26	3,69	3,35	3,24	3,18	3,25	0,14	0,000	0,817	0,000	0,000 ^e	0,146
AGV totais ²	74,7	76,9	88,1	92,6	102,7	6,78	75,0	88,3	92,6	92,1	87,0	5,00	0,001	0,681	0,001	0,000 ^f	0,494

¹mg/L. ²mmol/L. ³Acetato:propionato. EPM: erro padrão da média. P: valor da probabilidade. H: hora de coleta. L: linear. Q: quadrático. ^apH = 0,0161H² - 0,1666H + 6,6126. ^bNAR = -3,1732H² + 11,651H + 178,15. ^cAcetato = -0,4732H² + 4,5107H + 50,914. ^dPropionato = -0,2393H² + 2,4743H + 15,166. ^eA:P = 0,0155H² - 0,1768H + 3,6763. ^fAGV = -0,7429H² + 7,3329H + 75,497

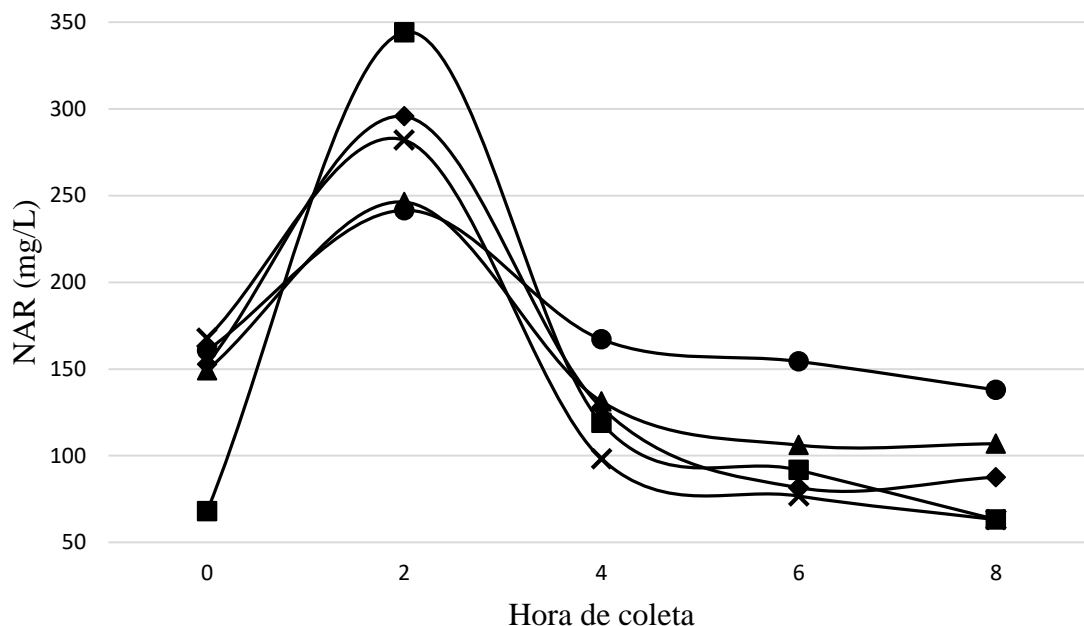


Figura 1. Efeito da interação nível de inclusão \times hora sobre a concentração de nitrogênio amoniacal ruminal (NAR) de ovinos alimentados com níveis de 0 (●); 150 (▲); 300 (◆); 450 (x) e 600 (■) g/kg MS de PM+US.

Analisando o comportamento dos níveis de inclusão em cada horário de coleta, em todos eles as maiores concentrações de propionato foram observadas no nível 600 g PM+US/kg MS, exceto às 2h, em que se observou igualdade entre os dois maiores níveis de inclusão de PM+US. Menores concentrações de propionato foram observadas nos dois níveis mais baixos de inclusão.

A concentração de butirato (Tabela 4) não foi influenciada pela inclusão, horário de coleta e não houve interação entre o nível de inclusão e horário de coleta ($P > 0,05$). A relação acetato:propionato (Tabela 5) diminuiu linearmente com a inclusão de PM+US ($P < 0,0001$), e foi influenciada pela hora de coleta, apresentando comportamento quadrático ($P < 0,0001$), com valor mínimo de 3,17 às 5,70 h após fornecimento matinal.

A concentração total de AGV aumentou linearmente (Tabela 4) com a inclusão ($P = 0,001$). Em função do horário de coleta as concentrações totais de AGV apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,001$), estimando-se a máxima concentração em 93,6 mmol/L às 4,94 h após a primeira alimentação.

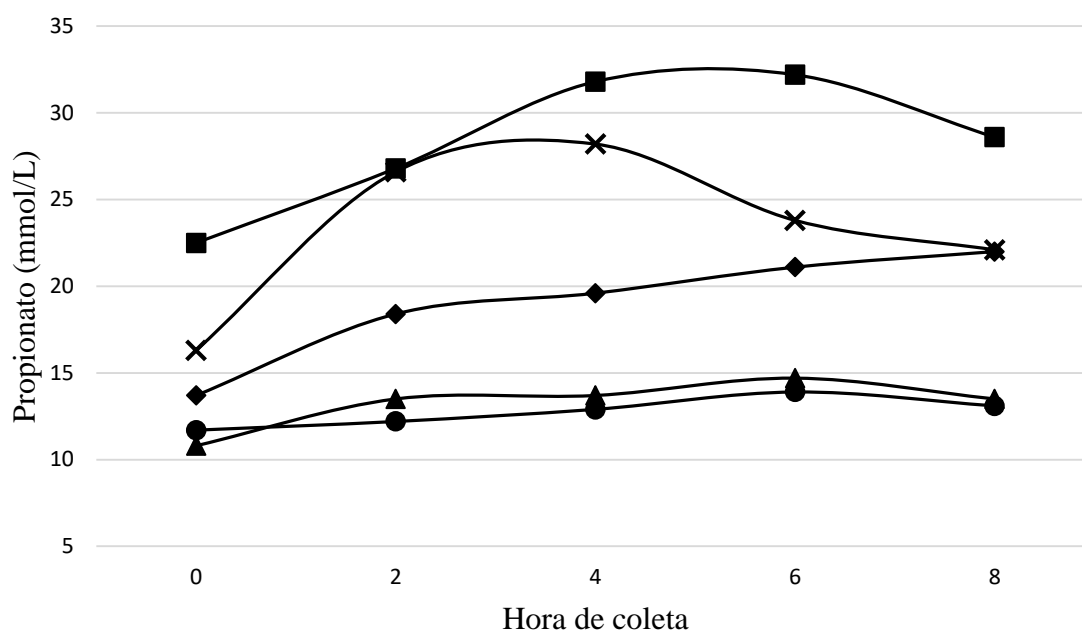


Figura 2. Efeito da interação nível de inclusão × hora sobre a concentração de propionato no rúmen de ovinos alimentados com níveis de 0 (●); 150 (▲); 300 (◆); 450 (x) e 600 (■) g/kg MS de PM+US.

Balanço aparente de nitrogênio, eficiência de utilização de compostos nitrogenado e glicose sanguínea

O N consumido (g/d e g/kg PC^{0,75}) e o excretado nas fezes (g/d) apresentaram comportamento quadrático ($P \leq 0,033$; Tabela 5) em função da inclusão de PM+US com valores máximos de 30 g/d e 1,66 g/kg PC^{0,75}; e 6,45 g/d respectivamente para os níveis 363,3; 300 e 244,4 g PM+US/kg MS. A excreção de N nas fezes (g/kg PC^{0,75} e g/kg N ingerido) e o N absorvido (g/d e g/kg PC^{0,75}) não foram alterados pela inclusão ($P > 0,05$).

O balanço aparente de N apresenta-se na tabela 5. A excreção de N na urina (g/d; g/kg PC^{0,75}) diminuiu linearmente ($P = 0,011$) com a inclusão de PM+US, e comportamento quadrático foi observado na excreção expressa em g/kg N ingerido ($P = 0,0192$), com excreção mínima de 332,2 g/kg N ingerido no nível 393,1 g PM+US/kg MS. O N retido (g/d e g/kg PC^{0,75}) apresentou comportamento quadrático ($P = 0,028$) com a inclusão de PM+US, com máxima retenção de 14,1 g/d e 0,72 g/kg PC^{0,75} nos respectivos níveis 438,3 e 350 g PM+US/kg MS. A relação (g/kg) proteína bruta (PB) consumida:MOD consumida e o N retido relativo ao N ingerido diminuíram linearmente com a inclusão ($P \leq 0,008$), enquanto o N retido expresso em proporção ao N absorvido apresentou comportamento quadrático ($P = 0,044$) com retenção máxima de 593,1g N/kg N absorvido no nível 440,1 g PM+US/kg MS.

As concentrações de ureia no soro, amônio no plasma, amônio na urina e a excreção de N como amônio na urina (g/d) diminuíram, enquanto a glicose no soro aumentou linearmente ($P \leq 0,034$) com a inclusão de PM+US (Tabela 5). A concentração de ureia urinária, excreção diária de N ureico e o N excretado como amônio expresso como porcentagem de N total excretado na urina não foram influenciadas pela inclusão ($P > 0,05$). No entanto, para a excreção de N como ureia expressa como porcentagem de N excretado na urina foi verificado comportamento quadrático ($P = 0,038$) com valor máximo de 76,8% no nível 538 g PM+US/kg MS.

Tabela 5. Balanço aparente de nitrogênio, eficiência de utilização de compostos nitrogenados e concentrações séricas de glicose em ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton.

Balanço de N	Níveis de PM+US (g/kg MS)					EPM	Valor P	
	0	150	300	450	600		L	Q
N ingerido								
g/d	26,0	28,1	31,6	26,9	27,8	1,99	0,485	0,024 ^a
g/kg PC ^{0,75}	1,46	1,59	1,76	1,51	1,56	0,12	0,503	0,022 ^b
N nas fezes								
g/d	5,86	6,42	6,61	5,78	5,42	0,45	0,153	0,033 ^c
g/kg PC ^{0,75}	0,33	0,36	0,37	0,33	0,31	0,03	0,191	0,053
g/kg N ingerido	232,5	230,5	208,8	216,1	194,2	13,5	0,055	0,832
N na urina								
g/d	11,8	10,7	10,1	9,46	9,71	0,65	0,011	0,214
g/kg PC ^{0,75}	0,66	0,60	0,56	0,53	0,54	0,04	0,011	0,238
g/kg N ingerido	475,4	382,8	318,2	355,6	348,6	29,1	0,006	0,019 ^d
N absorvido								
g/d	20,1	21,6	25,0	21,1	22,4	1,71	0,293	0,097
g/kg PC ^{0,75}	1,13	1,22	1,40	1,18	1,26	0,10	0,278	0,083
N retido								
g/d	8,31	11,0	14,9	11,7	12,7	1,44	0,021	0,028 ^e
g/kg PC ^{0,75}	0,47	0,62	0,84	0,65	0,72	0,09	0,012	0,019 ^f
g/kg N ingerido	292,1	386,7	472,9	428,3	457,3	38,2	0,008	0,081
g/kg N absorvido	373,9	502,3	596,7	544,3	566,8	45,4	0,008	0,044 ^g
g PB/kg MOD	235,7	225,3	201,0	200,6	192,3	5,57	0,000	0,183
Ureia no soro (mg/dL)	54,1	53,8	47,1	43,4	43,8	3,58	0,003	0,663
Ureia na urina (mg/dL)	873,1	744,0	1081	1036	858,4	103,2	0,438	0,237
N como ureia (g/d)	6,05	5,85	7,33	7,01	6,37	0,828	0,440	0,325
% N na urina	51,1	53,8	71,5	74,7	64,9	5,48	0,005	0,038 ^h
Amônio no plasma (mg/L)	6,30	6,35	5,95	4,88	5,04	0,48	0,004	0,745
Amônio na urina (mg/L)	185,2	89,4	138,7	120,7	93,0	29,1	0,031	0,373
N como amônio (g/d)	0,22	0,12	0,14	0,13	0,11	0,04	0,034	0,187
% N na urina	1,85	1,16	1,36	1,35	1,14	0,34	0,167	0,458
Glicose (mg/dL)	50,1	54,9	55,7	59,7	56,1	3,97	0,007	0,053

PC: peso corporal. EPM: Erro padrão da média. P: valor da probabilidade. L: linear. Q: quadrático. ^aN ingerido (g/d) = $-0,00003PM+US^2 + 0,0218PM+US + 26,086$. ^bN ingerido (g/kg PC^{0,75}) = $-0,000002PM+US^2 + 0,0012 PM+US + 1,4691$. ^cN fezes = $-0,000009PM+US^2 + 0,0044PM+US + 5,9134$. ^dN urina = $0,0009PM+US^2 - 0,7076PM+US + 471,31$. ^eN retido (g/d) = $-0,00003PM+US^2 + 0,0263PM+US + 8,3289$. ^fN retido (g/kg PC^{0,75}) = $-0,000002PM+US^2 + 0,0014PM+US + 0,4726$. ^gN retido (g/kg N absorvido) = $-0,0011PM+US^2 + 0,9682PM+US + 380,01$. ^hN ureico = $-0,0001PM+US^2 + 0,1076 PM+US + 47,857$.

Volume urinário, derivados de purinas e síntese de proteína microbiana

O volume urinário e a concentração de alantoína na urina não foram alterados ($P>0,05$), enquanto a concentração e excreção diária de ácido úrico aumentou linearmente com a inclusão de PM+US ($P\leq 0,002$) (Tabela 6). A excreção diária de alantoína, derivados de purinas excretados e absorvidos, Nmic e Pmic apresentaram comportamento quadrático ($P\leq 0,019$) com valores máximos de 8,83 mmol/d; 8,51 mmol/d; 10,9 mmol/d; 7,08 g/d Nmic e 48,8 g/d Pmic, respectivamente, para a mesma ordem de nível de PM+US de 585; 345; 462,5; 335 e 418 g/kg MS.

A eficiência de produção de Nmic e Pmic por kg de MOFR e NDT, respectivamente, não foram influenciadas pela inclusão ($P>0,05$).

Tabela 6. Volume urinário, derivados de purina e síntese de nitrogênio e proteína microbiana em ovinos alimentados com palma miúda e ureia em substituição ao feno de capim Tifton.

Variáveis	Níveis de PM+US (g/kg MS)					EPM	Valor P	
	0	150	300	450	600		L	Q
Volume urinário (L/d)	1,52	1,79	1,51	1,46	1,61	0,20	0,751	0,987
Alantoína (mmol/L)	3,86	4,11	6,49	5,18	5,03	0,77	0,148	0,111
Alantoína (mmol/d)	5,45	6,49	8,46	7,03	7,51	0,57	0,006	0,019 ^a
AU (mmol/L)	0,50	0,60	0,97	0,89	0,93	0,10	0,002	0,132
AU (mmol/d)	0,73	0,95	1,35	1,16	1,40	0,11	0,000	0,116
DPE (mmol/d)	6,18	7,43	9,81	8,19	8,91	0,60	0,001	0,011 ^b
DPA (mmol/d)	6,71	8,43	11,5	9,44	10,3	0,79	0,001	0,009 ^c
Nmic (g/d)	4,87	6,12	8,35	6,86	7,49	0,58	0,001	0,009 ^d
Pmic (g/d)	30,5	38,3	52,2	42,9	46,9	3,60	0,001	0,009 ^e
g Nmic/kg MOFR	11,5	12,0	13,0	12,5	13,0	0,98	0,294	0,661
g Pmic/kg NDT	43,7	45,4	48,5	45,3	46,6	3,61	0,588	0,580

PC: peso corporal. AU: ácido úrico. DPE: derivados de purinas excretados. DPA: derivados de purinas absorvidos. Nmic: nitrogênio microbiano. Pmic: proteína microbiana. EPM: erro padrão da média. MOFR: matéria orgânica fermentável no rúmen. P: Valor da probabilidade. L: linear. Q: quadrático. ^aAlantoína (mmol/d) = $-0,00001PM+US^2 + 0,0117PM+US + 5,4103$. ^bDPE (mmol/d) = $-0,00002PM+US^2 + 0,0138PM+US + 6,1371$. ^cDPA (mmol/d) = $-0,00002PM+US^2 + 0,0185PM+US + 6,6594$. ^dNmic (g/d) = $-0,00002PM+US^2 + 0,0134 PM+US + 4,8334$. ^ePmic (g/d) = $-0,0001PM+US^2 + 0,0836PM+US + 30,28$.

DISCUSSÃO

Consumo de MS, MOD e FDNi

O consumo de MS (Tabela 3) aumentou desde o nível 0 até 355,43 g PM+US/kg MS, possivelmente pela inclusão da PM que tem uma degradabilidade ruminal efetiva da MS alta (711 g/kg MS; BATISTA et al., 2009) resultado tanto do baixo conteúdo de FDN (147,6 g/kg MS) quanto do elevado conteúdo de CNF (712,4 g/kg MS) e baixo teor de lignina (10,3 g/kg MS). Além disso, a inclusão de PM+US resultou na diminuição do

consumo de FDNi a níveis inferiores a 150 g/kg MS, valor por acima do qual o consumo de MS é limitado (LIPPKE, 1986).

A redução no consumo de MS e MOD (Tabela 3) a partir do nível 355,43 g PM+US/kg MS, deu-se, possivelmente, devido à regulação metabólica, como uma consequência do aumento das concentrações de propionato observadas neste experimento (Tabela 5 e Figura 2). Farningham e Whyte (1993) observaram que o fluxo de propionato no sistema portal tem um papel importante na regulação do consumo, o qual é independente das alterações de insulina plasmática. Oba e Allen (2003) observaram que, ao aumentar as concentrações de propionato por meio de infusões ruminiais, diminuiriam o consumo de MS, energia metabolizável, o tamanho da refeição e a frequência das refeições devido ao aumento do fluxo de carbono do propionato pela piruvato quinase, permitindo a oxidação do piruvato no ciclo de Krebs com o acetil CoA produzindo CO₂ e ATP, o que gera um sinal de saciedade no animal (ALLEN; BRADFORD; OBA, 2009).

pH, NAR e AGV

O comportamento quadrático do pH em função dos horários de coleta (Tabela 4) foi devido à fermentação dos carboidratos da dieta (DIJKSTRA et al., 2012) que gerou o mesmo comportamento quadrático na concentração de AGV totais (Tabela 5), e o pH aumenta gradualmente quando são extraídos os ácidos do rúmen pela passagem da fase líquida ou pela absorção pela parede ruminal. A diminuição linear do pH ruminal com a inclusão de PM+US foi devido possivelmente à fermentação da alta quantidade de CNF das dietas com PM (Tabela 2), que gerou maior produção de AGV totais. Além disso, a inclusão de palma forrageira diminuiu a ruminação (Capítulo 1) pelo seu baixo teor de FDN, fato que diminui a secreção de saliva e portanto a capacidade tamponante no rúmen (VAN SOEST, 1994).

O pH ruminal não atingiu valores menores de 6,0 pela inclusão da PM+US, portanto não comprometeu a celulólise (MOULD; ØRSKOV, 1983; MOURIÑO; AKKARAWONGSA; WEIMER, 2001), bem como a digestibilidade da FDN (Capítulo 1), como foi observado por Siqueira et al. (2017).

A maior concentração de NAR no rúmen no nível 600 g PM+US/kg MS às 2h após do fornecimento, além do maior diferencial entre as 0h e 2h (Figura 1), foi possivelmente devido a maior proporção de US e sua alta solubilidade no rúmen. A rápida

diminuição às 4h nos níveis 300 até 600 g PM+US/kg MS, foi possivelmente por uma maior sincronia ruminal N: carboidrato prontamente fermentáveis (SEO et al., 2010) pela alta quantidade de CNF da PM junto com duas fontes de N não proteico (NNP) altamente degradáveis no rúmen, como a ureia e sulfato de amônio. O uso de fontes de NNP em dietas com alta quantidade de energia fermentável no rúmen gera maior utilização do NAR pelos microrganismos do rúmen para síntese de Pmic (ROFFLER; SATTER, 1975; SATTER; ROFFLER, 1975).

A diminuição do pH ruminal com a inclusão de PM+US pode influenciar a menor concentração de NAR a partir do nível 300g PM+US/kg MS após do pico das 2h da primeira refeição (Figura 1). Apesar que a permeabilidade da parede ruminal para absorver o amoníaco na forma de NH_3 é 175 vezes maior que na forma de NH_4^+ , quando o pH ruminal é inferior a 6,4; a quantidade de NH_3 é menor quando comparada com a de NH_4^+ e 70% do amoníaco será absorvido pela parede do rúmen na forma de NH_4^+ por transporte facilitado com o potássio (ABDOUN; STUMPF; MARTENS, 2006), pelo que o íon NH_4^+ não pode ser removido rapidamente por meio da parede ruminal até o sangue (HALIBURTON; MORGAN, 1989), fato que o mantém no rúmen por maior tempo e, portanto, pode ser utilizado pelos micróbios para síntese de proteína (CABRITA et al., 2006), diminuindo portanto o NAR.

Em todos os tempos de coleta os níveis de inclusão apresentaram concentrações de NAR superiores à faixa 20-50 mg/L (Figura 1) sugerida por Satter e Slyter (1974) como concentração mínima para uma adequada taxa de crescimento bacteriano no rúmen. Duas horas após o fornecimento todos os níveis de inclusão atingiram concentrações de NAR superiores ao valor sugerido por Mehrez; Ørskov; McDonald (1977) de 235 mg/L; ponto no qual a degradação da MO da dieta pode ser máxima.

Detmann et al. (2014) sugerem que dietas baseadas em volumosos de média a alta qualidade, a suplementação deve incrementar as concentrações de NAR acima de 160 mg/L; valor atingido desde as 0 até 4h no nível 0 g PM+US/kg MS.

A concentração de acetato aumenta normalmente à medida que aumenta-se a fermentação dos carboidratos estruturais na dieta (DIJKSTRA, 1994). No entanto, neste experimento houve aumento linear nas concentrações de acetato com a inclusão de PM+US (Tabela 4), a medida que foi diminuindo a FDN da dieta (Tabela 2), com diferença de 18% entre o nível de 0 e 600 g PM+US/kg MS. Porém, a palma contém altos

teores de frutanas e β -glucanos (BATISTA et al., 2003), que formam parte dos carboidratos solúveis em detergente neutro (HALL, 2003), sendo que os frutanas são fermentados por algumas bactérias ruminais produzindo acetato (PIKNOVA et al., 2008).

O aumento nas concentrações propionato à medida que se incluía PM+US e os maiores valores observados após do fornecimento a partir do nível 300 g PM+US/kg (Figura 2) pode ser consequência da fermentação dos carboidratos não estruturais (DIJKSTRA, 1994) que estão em alta concentração na PM (entre eles amido), além da pectina (BATISTA et al., 2003) contida na parede celular (HALL, 2003), que tem altas quantidades de ramnose (VORAGEN et al., 2009) e a fermentação desta em condições anaeróbicas gera etanol, acetona e 1,2 propanodiol (WEIMER, 1984). Este último é fermentado pelas bactérias do rúmen, produzindo ácido propiônico (CZERKAWSKI; PIATKOVA; BRECKENRIDGE, 1984).

A maior produção de propionato quando incluída a PM+US gerou a diminuição linear da relação acetato:propionato (Tabela 4).

Balanço aparente de nitrogênio, eficiência de utilização de compostos nitrogenados e glicose sanguínea

O comportamento quadrático para o consumo de N (g/d e g/kg PC^{0,75}) e a sua excreção nas fezes (Tabela 5) foi possivelmente consequência do mesmo comportamento observado para o consumo de MS (Tabela 3). O maior consumo de MS implica maior consumo de concentrado que contem principalmente milho (Tabela 2), ingrediente que aumenta a quantidade de N de origem microbiano nas fezes produto de maior atividade fermentativa no intestino grosso (KOZLOSKI, 2019).

A utilização de dietas com maior quantidade de proteína degradável no rúmen aumenta a excreção de N na urina (HRISTOV et al., 2004); no caso deste experimento, a inclusão de US para ajustar o teor de PB das dietas aumentou a quantidade de N degradável no rúmen. No entanto, houve diminuição na excreção de N na urina (Tabela 5). O maior consumo de N foi observado no nível 363,3 g PM+US/kg MS; no entanto, a sua excreção nas fezes diminuiu a partir do nível 244,4 g PM+US/kg MS e junto com a diminuição da excreção de N urinário permite inferir uma melhor utilização de N pelo animal quando foi incluída a PM+US na dieta a partir daquele nível, porque quanto maior é a utilização da energia e proteína da dieta para síntese de proteína microbiana, menores

são as perdas de N (REYNOLDS; KRISTENSEN, 2008), e essa melhor utilização foi até o nível 438,3 g/kg MS PM+US quando foi atingida a maior retenção de N.

Os níveis de inclusão 0 e 150 g PM+US/kg MS apresentaram consumos superiores a 210 g PB/kg MOD, pelo que puderam ocorrer perdas de proteína ou transferência líquida incompleta (POPPI; MCLENNAN, 1995), o que explica o a menor retenção de N nesses níveis de inclusão. A partir do nível 300 g PM+US/kg MS os consumos foram superiores a 100 g PB/kg MOD, o que indica que não houve limitação de N para síntese de Pmic (HOGAN, 1982). Porém, o N retido diminuiu a partir de nível 438,3 g/kg MS PM+US; o que permite inferir que algum outro fator influenciou a utilização de N a partir deste nível de inclusão.

A utilização de N da dieta também foi refletida tanto na ureia no soro quanto no amônio no plasma (Tabela 5), com diminuição linear da sua concentração quando foi incluída a PM+US. Os valores de ureia sanguínea estiveram dentro da faixa normal para ovinos (24-60 mg/dL; CONTRERAS; WITTEW; BÖHMWALD, 2000) e as concentrações de amônio no plasma foram inferiores à faixa que indicaria intoxicação (10-40 mg/L; CHALUPA, 1968). A concentração de ureia na urina, assim como a sua excreção diária (Tabela 5), não foi influenciada pela inclusão de PM+US, apesar de ter sido diferente a concentração no sangue. A quantidade de ureia excretada na urina é determinada pela quantidade filtrada nos glomérulos dos rins (MALOIY; SCOTT, 1969). No entanto, o consumo de N entre 26,0 e 31,6 g/d (Tabela 6) poderia gerar a mesma taxa de depuração de ureia do sangue pelos rins, como foi observado por Cocimano e Leng (1967) apesar da maior concentração de ureia no sangue, e com uma igual produção de urina (Tabela 6) gerou-se uma igual excreção de ureia nela mesma.

Szanyiová, Leng e Faix (1995) observaram em ovinos que mesmo com consumo diário alto ou baixo de N (28,71 vs 9,32 g), o N excretado na urina como ureia em proporção ao N total urinário não foi influenciado (74 vs 69%). Neste experimento, a excreção de N na urina em forma de ureia como proporção do N total urinário apresentou um comportamento quadrático; no entanto, com uma excreção diária em gramas igual entre estes, a diferença observada seja possivelmente devido à diminuição na excreção de N total na urina.

A concentração de amônio na urina e a excreção diária de N como amônio na urina (Tabela 5) tiveram o mesmo comportamento que a ureia no soro e o amônio no plasma.

O amônio livre nos tecidos extra-hepáticos combina-se com o glutamato produzindo glutamina, e esta, por sua vez, transporta o amônio no sangue até o fígado para produzir ureia, ou até os rins, onde a degradação da glutamina gera o amônio liberado na urina (NELSON; COX, 2014); portanto, possivelmente houve uma diminuição da produção de amônio pelos tecidos extra-hepáticos com a inclusão de PM+US.

As concentrações de glicose estiveram na faixa de referência sugerida por Contreras, Wittwer e Böhmwald (2000), de 43-76 mg/dL. O aumento linear das concentrações de glicose com a inclusão de PM+US pode ser consequência do mesmo comportamento observado nas concentrações de propionato no rúmen (Tabela 4), uma vez que este ácido é um substrato para gliconeogênese e é a principal fonte de glicose nos ruminantes (HUNTINGTON, 1990; DIJKSTRA, 1994); além disso, a absorção de glicose da dieta é muito reduzida nos ruminantes (HUNTINGTON; REYNOLDS, 1987).

Volume urinário, derivados de purinas e síntese de proteína microbiana

Vieira et al. (2008) ressaltaram o efeito diurético da palma por ação do seu elevado teor de K e baixo de Na. Apesar desse fato, no presente estudo não houve influência da inclusão de PM+US sobre o volume urinário (Tabela 6). Esse comportamento foi contrastante com o observado por outros autores quando é incluída palma na dieta (NETO et al., 2016; REZENDE et al., 2020), possivelmente houve uma maior retenção de líquido no organismo.

O comportamento quadrático nos DPE com a inclusão de PM+US (Tabela 6) pode ser consequência do mesmo comportamento observado no consumo de MS, devido a correlação que existe entre eles quando foi ajustado o consumo ao peso corporal (CHEN et al., 1992; SANTOS et al., 2018), observando-se que no nível 345 g PM+US/kg MS houve a maior excreção de derivados de purinas, coincidindo com o maior consumo de MS (g/kg PC) no nível e 343,4 g PM+US/kg MS.

Segundo Van Soest (1994), o maior consumo de MS reduz o custo energético de manutenção dos microrganismos do rúmen, porque o tempo de permanência neste compartimento também é reduzido. Além disso, pela maior ingestão de MS, o fluxo de partículas do rúmen é aumentado e o número de bactérias aderidas ao alimento saindo do rúmen e passando para o abomaso e duodeno é incrementado, portanto o fluxo de N_{mic} é maior o que aumenta os DPA (CHEN et al., 1990).

No nível 335 g PM+US/kg MS produziu-se o valor máximo de Nmic, nível no qual a concentração de NAR estimou-se em 147 mg/L ($NAR = 164,96 - 0,0537 \times PM+US$), valor próximo daquele observado por Detmann et al. (2009), em que a máxima produção de Nmic foi atingida com uma concentração de NAR de 145,2 mg/L. A síntese Pmic apresentou comportamento quadrático (Tabela 6), com a produção máxima estimada em 48,8 g/d no o nível de inclusão 418 g PM+US/kg MS, coincidindo com o nível em que foi atingido o maior consumo de MOD (413,8 g PM+US/kg MS) e próximo ao nível de maior N retido (438,3 g PM+US/kg MS).

O aumento gradual na síntese de Pmic até atingir o nível 418 g PM+US/kg MS pode ser devido ao aumento no fornecimento de ATP para o crescimento microbiano (PATHAK, 2008), como consequência da utilização da energia dos carboidratos não fibrosos da PM que são principalmente de rápida degradação ruminal (BATISTA et al., 2003) e da energia fornecida pela degradação dos carboidratos estruturais de lenta degradação do FCT (celulose e hemicelulose) que, junto com as fontes de NNP de rápida degradação ruminal (a mistura US), maximizaram o crescimento microbiano. Além disso, as bactérias que fermentam carboidratos não fibrosos crescem mais rápido que as que fermentam carboidratos estruturais (SNIFFEN; ROBINSON, 1987; RUSSELL et al., 1992).

A menor produção de Pmic nos níveis de inclusão maiores de 418 g PM+US/kg MS pode ser um efeito da menor taxa de passagem da MS (Capítulo 1), que pode gerar degradação da proteína microbiana no rúmen e, conseqüentemente, mais energia da dieta é utilizada para as exigências de manutenção dos micróbios do rúmen, e o fluxo de proteína microbiana é reduzido (CHEN et al., 1992). Chen; Hovell e Ørskov (1990) observaram degradação da alantoína no rúmen, bem como aumento na alantoína e ácido úrico na saliva provenientes da reciclagem desses derivados de purinas no retículo-rúmen, e essas quantidades recicladas de alantoína (e presumivelmente de ácido úrico) não são reabsorvidas para a subsequente excreção na urina.

Além da redução no consumo de MS a partir do nível de inclusão 355,5 g PM+US/kg MS, que poderia influenciar negativamente a síntese de Pmic, a diminuição do pH ruminal (próximo a 6,0) contribuiria à menor produção, mesmo quando a diminuição do NAR no rúmen pela inclusão de PM+US foi associada a uma maior utilização para síntese de Pmic. Valores de pH ruminal de 6,0 geram menor síntese de

ATP, porque as bactérias o utilizam para funções de não crescimento, como a manutenção do pH intracelular (STROBEL; RUSSELL, 1986).

Com as reduções nas concentrações de NAR, ureia e amônio sanguíneo (como indicadores da utilização do N da dieta) e consumo superior a 100 g PB/kg MOD, a menor produção de Pmic a partir do nível 418 g PM+US/kg MS estaria associada diretamente ao ambiente ruminal gerado pela alta quantidade de carboidratos fermentáveis nas dietas com maiores níveis de PM+US que aumentam os AGV e conseqüentemente diminuem o pH ruminal o que aumenta o gasto energético das bactérias. Essa menor produção de Pmic poderia explicar a diminuição no N retido (g/d).

Apesar de ter ocorrido influência da inclusão de PM+US sobre a síntese de Nmic e Pmic, a eficiência da síntese deles por kg de MORF e kg NDT, respectivamente, não foram influenciadas pela inclusão (Tabela 6). Os valores de eficiência de síntese de Pmic por cada kg de NDT foram inferiores daqueles indicados no NRC (2007) (130 g Pmic/kg NDT), porém semelhantes aos observados por Pereira et al. (2018), em condições tropicais, em ovinos alimentados *ad libitum* (47,4 g Pmic/kg de NDT).

CONCLUSÕES

Em ovinos alimentados com dietas com relação volumoso:concentrado 70:30, recomenda-se um volumoso constituído por uma proporção PM+US:FCT de 41:29 para maximizar o consumo de MOD, a retenção de N e a síntese de Pmic.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDOUN, K.; STUMPF, F.; MARTENS, H. Ammonia and urea transport across the rumen epithelium: a review. **Animal health research reviews / Conference of Research Workers in Animal Diseases**, v. 7, n. 1/2, p. 43–59, 2006.

AFRC. **Energy and protein requirements of ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients**. Wallingford, UK: CAB International, 1995.

ALLEN, M. S.; BRADFORD, B. J.; OBA, M. Board-invited review: The hepatic oxidation theory of the control of feed intake and its application to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 87, n. 10, p. 3317–3334, 2009.

AOAC. Animal feed. In: HELRICH, K. (Ed.). **Association of Official Analytical Chemists (AOAC)**. 15th. ed. Arlington, VA. USA: Association of Official Analytical Chemists, Inc., 1990. Ip. 69–90.

BATISTA, A. M. et al. Effects of variety on chemical composition, in situ nutrient disappearance and in vitro gas production of spineless cacti. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 83, n. 5, p. 440–445, 2003.

BATISTA, A. M. et al. Chemical composition and ruminal degradability of spineless cactus grown in Northeastern Brazil. **Rangeland Ecology and Management**, v. 62, n. 3, p. 297–301, 2009.

CABRITA, A. R. J. et al. Evaluation of the effects of synchronising the availability of N and energy on rumen function and production responses of dairy cows – a review. **Animal Research. INRA**, v. 55, n. 1, p. 1–24, 2006.

CARDOSO, D. B. et al. Levels of inclusion of spineless cactus (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) in the diet of lambs. **Animal Feed Science and Technology**, v. 247, n. 2019, p. 23–31, 2019.

CHALUPA, W. Problems in feeding urea to ruminants. **Journal of Animal Science**, v. 27, n. 1, p. 207–219, 1968.

CHANEY, A. L.; MARBACH, E. P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v. 8, n. 2, p. 130–132, 1962.

CHEDID, M. et al. Review: Water stress in sheep raised under arid conditions. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 94, n. 2, p. 243–257, 2014.

CHEN, X. B. et al. Excretion of purine derivatives by ruminants: effect of exogenous nucleic acid supply on purine derivative excretion by sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 63, n. 1, p. 131–142, 1990.

CHEN, X. B. et al. The effect of feed intake and body weight on purine derivative excretion and microbial protein supply in sheep. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 5, p. 1534–1542, 1992.

CHEN, X. B.; GOMES, M. J. **Estimation of microbial protein supply to sheep and cattle based on urinary excretion of purine derivatives -an overview of the technical details**. Aberdeen, UK.: Rowett Research Institute, 1992.

CHEN, X. B.; HOVELL, F. D. D.; ØRSKOV, E. R. Excretion of purine derivatives by ruminants: recycling of allantoin into the rumen via saliva and its fate in the gut. **British Journal of Nutrition**, v. 63, n. 2, p. 197–205, 1990.

COCIMANO, M. R.; LENG, R. A. Metabolism of urea in sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 21, n. 2, p. 353–371, 1967.

CONTRERAS, P. A.; WITTEWER, F.; BÖHMWALD, H. Uso dos perfis metabólicos no monitoramento nutricional dos ovinos. In: GONZÁLEZ, F. . H. D. et al. (Ed.). **Perfil metabólico em ruminantes e seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre. Rio Grande do Sul. Brasil: Universidade Federal de Rio Grande de Sul, 2000. p. 75–84.

CZERKAWSKI, J. W.; PIATKOVA, M.; BRECKENRIDGE, G. Microbial metabolism of 1,2-propanediol studied by the Rumen Simulation Technique (Rusitec). **Journal of Applied Bacteriology**, v. 56, n. 1, p. 81–94, 1984.

DETMANN, E. et al. Parameterization of ruminal fibre degradation in low-quality tropical forage using Michaelis-Menten kinetics. **Livestock Science**, v. 126, n. 1–3, p. 136–146, 2009.

DETMANN, E. et al. Nutritional aspects applied to grazing cattle in the tropics: A review based on Brazilian results. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2829–2854, 2014.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C. On the estimation of non-fibrous carbohydrates in feeds and diets. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 62, n. 4, p. 980–984, 2010.

DIJKSTRA, J. Production and absorption of the volatile acids in the rumen. **Livestock Production Science**, v. 39, n. 1, p. 61–69, 1994.

DIJKSTRA, J. et al. Ruminal pH regulation and nutritional consequences of low pH. **Animal Feed Science and Technology**, v. 172, n. 2012, p. 22–33, 2012.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v. 44, n. 9, p. 1768–1771, 1961.

FARNINGHAM, D. A. H.; WHYTE, C. C. The role of propionate and acetate in the control of food intake in sheep. **British Journal of Nutrition**, v. 70, n. 1, p. 37–46, 1993.

GALVÃO JÚNIOR, J. G. B. et al. Palma forrageira na alimentação de ruminantes: Cultivo e utilização. **Acta Veterinaria Brasilica**, v. 8, n. 2, p. 78–85, 2014.

HALIBURTON, J. C.; MORGAN, S. E. Nonprotein nitrogen-induced ammonia toxicosis and ammoniated feed toxicity syndrome. **The Veterinary Clinics of North America. Food Animal Practice**, v. 5, n. 2, p. 237–249, 1989.

HALL, M. B. Challenges with nonfiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**, v. 81, n. 12, p. 3226–3232, 2003.

HOGAN, J. P. Digestion and utilization of protein. (J. B. Hacker, Ed.) In: Nutritional Limits to Animal Production from Pastures, Queensland, Australia. **Anais...** Queensland, Australia: Commonwealth Agricultural Bureaux: Farnham Royal, 1982.

HRISTOV, A. N. et al. Effect of dietary crude protein level and degradability on ruminal fermentation and nitrogen utilization in lactating dairy cows. **Journal of Animal Science**, v. 82, n. 11, p. 3219–3229, 2004.

HUANG, J. et al. Global semi-arid climate change over last 60 years. **Climate Dynamics**, v. 46, n. 3–4, p. 1131–1150, 2016.

HUNTINGTON, G. B. Energy metabolism in the digestive tract and liver of cattle: influence of physiological state and nutrition. **Reproduction Nutrition Development**, v. 30, n. 1, p. 35–47, 1990.

HUNTINGTON, G. B.; REYNOLDS, C. K. Oxygen consumption and metabolite flux of bovine portal-drained viscera and liver. **Journal of Nutrition**, v. 117, n. 6, p. 1167–1173, 1987.

INÁCIO, J. G. et al. Nutritional and performance viability of cactus *Opuntia*-based diets with different concentrate levels for Girolando lactating dairy cows. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 33, n. 1, p. 35–43, 2020.

KOZLOSKI, G. V. **Bioquímica dos ruminantes. Terceira edição.** Terceira e ed. Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil.: Editora UFSM, 2019.

KRIZSAN, S. J.; HUHTANEN, P. Effect of diet composition and incubation time on feed indigestible neutral detergent fiber concentration in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 96, n. 3, p. 1715–1726, 2013.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M.; VAN SOEST, P. J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v. 57, p. 347–358, 1996.

LIPPKE, H. Regulation of voluntary intake of ryegrass and sorghum forages in cattle by indigestible neutral detergent fiber. **Journal of Animal Science**, v. 63, n. 5, p. 1459–1468, 1986.

LITTELL, R. C.; HENRY, P. R.; AMMERMAN, C. B. Statistical analysis of repeated measures data using SAS procedures. **Journal of Animal Science**, v. 76, n. 4, p. 1216–1231, 1998.

MACHADO, M. G. et al. Evaluation of the length of adaptation period for changeover and crossover nutritional experiments with cattle fed tropical forage-based diets. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, n. 2016, p. 132–148, 2016.

MALOIY, G. M. O.; SCOTT, D. Renal excretion of urea and electrolytes in sheep and red deer. **Journal of Physiology**, v. 205, n. 1, p. 91–101, 1969.

MEHREZ, A. Z.; ØRSKOV, E. R.; MCDONALD, I. Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. **British Journal of Nutrition**, v. 38, n. 3, p. 437–443, 1977.

MERTENS, D. R. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: Collaborative study. **Journal of AOAC International**, v. 85, n. 6, p. 1217–1240, 2002.

MOULD, F. L.; ØRSKOV, E. R. Manipulation of rumen fluid pH and its influence on cellulolysis in sacco, dry matter degradation and the rumen microflora of sheep offered either hay or concentrate. **Animal Feed Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 1–14, 1983.

MOURIÑO, F.; AKKARAWONGSA, R.; WEIMER, P. J. Initial pH as a determinant of cellulose digestion rate by mixed ruminant microorganisms *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 4, p. 848–859, 2001.

NELSON, D. L.; COX, M. M. **Princípios de Bioquímica de Lehinger**. Sexta Edição, ed. Porto Alegre. Rio Grande do Sul. Brasil: ARTMED EDITORA LTDA, 2014.

NETO, J. P. et al. Balanço hídrico e excreção renal de metabólitos em ovinos alimentados com palma forrageira (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v. 36, n. 4, p. 322–328, 2016.

NRC. **Nutrient Requirements of Small Ruminants. Sheep, goats, cervids and new world camelids**. Washington, D.C. USA.: The National Academies Press, 2007.

OBA, M.; ALLEN, M. S. Intraruminal infusion of propionate alters feeding behavior and decreases energy intake of lactating dairy cows. **The Journal of Nutrition**, v. 133, n. 4, p. 1094–1099, 2003.

PATHAK, A. K. Various factors affecting microbial protein synthesis in the rumen. **Veterinary World**, v. 1, n. 6, p. 186–189, 2008.

PEREIRA, E. S. et al. Maintenance and growth requirements in male and female hair lambs. **Small Ruminant Research**, v. 159, n. 2018, p. 75–83, 2018.

- PIKNOVA, M. et al. *Treponema zioleckii* sp. nov., a novel fructan-utilizing species of rumen treponemes. **FEMS Microbiology Letters**, v. 289, n. 2, p. 166–172, 2008.
- POPPI, D. P.; MCLENNAN, S. R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal of Animal Science**, v. 73, n. 1, p. 278–290, 1995.
- REYNOLDS, C. K.; KRISTENSEN, N. B. Nitrogen recycling through the gut and the nitrogen economy of ruminants: An asynchronous symbiosis. **Journal of Animal Science**, v. 86, n. 14 suppl, p. E293–E305, 2008.
- REZENDE, F. M. et al. Nutritional effects of using cactus cladodes (*Opuntia stricta* Haw Haw) to replace sorghum silage in sheep diet. **Tropical Animal Health and Production**, p. (in press), 2020.
- ROFFLER, R. E.; SATTER, L. D. Relationship between ruminal ammonia and nonprotein nitrogen utilization by ruminants. I. Development of a model for predicting nonprotein nitrogen utilization by cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 12, p. 1880–1888, 1975.
- RUSSELL, J. B. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: I. Ruminal fermentation. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3551–3561, 1992.
- SAFRIEL, U. et al. Dryland Systems. In: HASSAN, R.; SCHOLLES, R.; ASH, N. (Ed.). **Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends**. Washington, D.C. USA: ISLAND PRESS, 2005. Ip. 623–662.
- SANTOS, A. C. S. et al. A comparative study on the excretion of urinary metabolites in goats and sheep to evaluate spot sampling applied to protein nutrition trials. **Journal of Animal Science**, v. 96, n. 8, p. 3381–3397, 2018.
- SATTER, L. D.; ROFFLER, R. E. Nitrogen requirement and utilization in dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 58, n. 8, p. 1219–1237, 1975.
- SATTER, L. D.; SLYTER, L. L. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. **British Journal of Nutrition**, v. 32, n. 2, p. 199–208, 1974.
- SEO, J. K. et al. Effects of synchronization of carbohydrate and protein supply on ruminal fermentation, nitrogen metabolism and microbial protein synthesis in holstein steers. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 23, n. 11, p. 1455–1461, 2010.
- SIQUEIRA, M. C. B. et al. Optimizing the use of spineless cactus in the diets of cattle: Total and partial digestibility, fiber dynamics and ruminal parameters. **Animal Feed Science and Technology**, v. 226, n. 2017, p. 56–64, 2017.
- SIQUEIRA, M. C. B. et al. Nutritional performance and metabolic characteristics of cattle fed spineless cactus. **Journal of Agricultural Science and Technology**, v. 20, n. 1, p. 13–22, 2018.

SNIFFEN, C. J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562–3577, 1992.

SNIFFEN, C. J.; ROBINSON, P. H. Microbial growth and flow as influenced by dietary manipulations. **Journal of Dairy Science**, v. 70, n. 2, p. 425–441, 1987.

STROBEL, H. J.; RUSSELL, J. B. Effect of pH and energy spilling on bacterial protein synthesis by carbohydrate-limited cultures of mixed rumen bacteria. **Journal of Dairy Science**, v. 69, n. 11, p. 2941–2947, 1986.

SZANYIOVÁ, M.; LENG, L.; FAIX, Š. Partition of nitrogenous substances in the urine of sheep on different dietary protein intakes. **Veterinary Research**, v. 26, n. 1, p. 27–31, 1995.

TOPPS, J. H.; ELLIOTT, R. C. Relationship between concentrations of ruminal nucleic acids and excretion of purine derivatives by sheep. **Nature**, v. 205, n. 4970, p. 498–499, 1965.

VALENTE, T. N. P. et al. *In situ* estimation of indigestible compounds contents in cattle feed and feces using bags made from different textiles. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 3, p. 666–675, 2011a.

VALENTE, T. N. P. et al. Avaliação dos teores de fibra em detergente neutro em forragens, concentrados e fezes bovinas moídas em diferentes tamanhos e em sacos de diferentes tecidos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1148–1154, 2011b.

VAN SOEST, P. J. Collaborative study of acid-detergent fiber and lignin. **Journal A.O.A.C.**, v. 56, n. 4, p. 781–784, 1973.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. Second ed. Ithaca, New York, USA.: Cornell University Press, 1994.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H. Determination of lignin and cellulose in acid-detergent fiber with permanganate. **Journal A.O.A.C.**, v. 51, n. 4, p. 780–785, 1968.

VIEIRA, E. L. et al. Effects of feeding high levels of cactus (*Opuntia ficus-indica* Mill) cladodes on urinary output and electrolyte excretion in goats. **Livestock Science**, v. 114, n. 2–3, p. 354–357, 2008.

VORAGEN, A. G. J. et al. Pectin, a versatile polysaccharide present in plant cell walls. **Structural Chemistry**, v. 20, n. 2, p. 263–275, 2009.

WEIMER, P. J. Fermentation of 6-deoxyhexoses by *Bacillus macerans*. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 47, n. 2, p. 263–267, 1984.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

O Semiárido brasileiro é uma região que está constantemente exposta a períodos de estiagem e que têm forte impacto, limitando o desenvolvimento econômico e social da população. Portanto, da perspectiva agropecuária, o uso de tecnologias alimentares adaptadas às condições ambientais são a via para mitigar os efeitos negativos da seca. A palma forrageira cultivar Miúda fornecida com a mistura ureia e sulfato de amônio se apresenta como uma opção alimentar nas condições semiáridas de algumas partes do Nordeste brasileiro, quando associada ao feno de capim Tifton como fonte de fibra fisicamente efetiva.

Com a inclusão de palma Miúda (mais ureia e sulfato de amônio) na dieta até 600 g/kg MS, diminui-se o tempo de ruminação, o pH e o nitrogênio amoniacal ruminal; contudo, a digestibilidade aparente da fibra não é diminuída. Portanto, nesse nível de inclusão, a palma não interfere com a função ruminal. Adicionalmente, na medida que se aumenta a inclusão de palma na dieta aumenta-se o consumo de água via alimentos, o que permite atender às exigências diárias dos ovinos, fato que reduz a ingestão voluntária deste líquido, escasso nas condições do Semiárido brasileiro.

Com a inclusão de palma aumentou o consumo de matéria seca e diminuiu a taxa de passagem da FDN; porém, a taxa de passagem da fase líquida não foi avaliada, fato que indica a necessidade de avaliar esta variável para demonstrar que o possível aumento no consumo de matéria seca possa estar relacionado a uma maior saída de líquido do rúmen.

A inclusão de palma miúda diminui a excreção de nitrogênio na urina, aspecto importante nas práticas alimentares para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. Adicionalmente, a redução nas concentrações sanguíneas de ureia e amônio indicam uma redução na atividade do ciclo da ureia; portanto, há maior disponibilidade de precursores para síntese de glicose via gliconeogênese, bem como maior disponibilidade de aminoácidos para síntese de proteína, fato que pode aumentar a produção de leite e proteína muscular.

Na busca de uma relação palma:feno que maximize a utilização de nutrientes pelo animal, em uma dieta para ovinos com relação volumoso:concentrado 70:30, o volumoso constituído por palma miúda (com ureia+sulfato de amônio) e feno de capim Tifton em

uma proporção de 41:29 até 44:26, maximiza os consumos de matéria orgânica digestível, energia metabolizável, balanço de nitrogênio e síntese de proteína microbiana, o que poderia gerar um melhor desempenho produtivo nos animais.