

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**IMPACTO DA UREIA NO PROCESSO FERMENTATIVO DA SILAGEM DE
SORGO E O SEU USO EM DIETAS PARA CORDEIROS**

MARIA LEONOR GARCIA MELO LOPES DE ARAÚJO

**SALVADOR - BAHIA
NOVEMBRO – 2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

**IMPACTO DA UREIA NO PROCESSO FERMENTATIVO DA SILAGEM DE
SORGO E O SEU USO EM DIETAS PARA CORDEIROS**

MARIA LEONOR GARCIA MELO LOPES DE ARAÚJO

Médica Veterinária

**SALVADOR - BAHIA
NOVEMBRO – 2017**

MARIA LEONOR GARCIA MELO LOPES DE ARAÚJO

**IMPACTO DA UREIA NO PROCESSO FERMENTATIVO DA SILAGEM DE
SORGO E O SEU USO EM DIETAS PARA CORDEIROS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

Área de Concentração: Produção Animal

Orientador: Dr. Edson Mauro Santos

Coorientador: Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho

**SALVADOR - BAHIA
NOVEMBRO – 2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas
(SISBI / UFBA), com os dados fornecidos pela autora**

A663 Araújo, Maria Leonor Garcia Melo Lopes de
Impacto da ureia no processo fermentativo da silagem de sorgo e o seu uso
em dietas para cordeiros / Maria Leonor Garcia Melo Lopes de Araújo. --
Salvador, 2017.
169 f. : il

Orientador: Edson Mauro Santos.
Coorientador : Gleidson Giordano Pinto de Carvalho.
Tese (Doutorado – Pós Graduação em Zootecnia) -- Universidade Federal
da Bahia, Escola de Medicina Veterinária e Zootecnia, 2017.

1. Aditivo. 2. Conservação de forragem. 3. Estabilidade aeróbica. 4.
Desempenho produtivo. 5. Valor nutritivo . I. Santos, Edson Mauro. II.
Carvalho, Gleidson Giordano Pinto de. III. Título.

CDU - 636.3

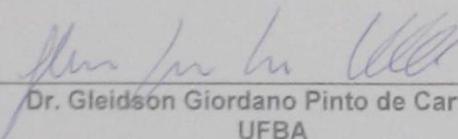
IMPACTO DA UREIA NO PROCESSO FERMENTATIVO DA
SILAGEM DE SORGO E O SEU USO EM DIETAS PARA
CORDEIROS

María Leonor Garcia Melo Lopes de Araújo

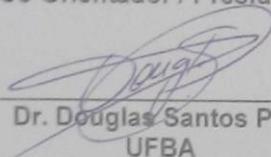
Tese defendida e aprovada para obtenção do grau de
Doutor em Zootecnia

Salvador, 24 de novembro de 2017

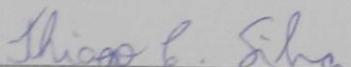
Comissão examinadora:



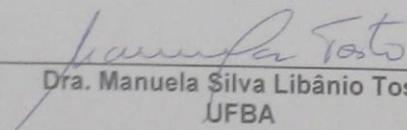
Dr. Gleidson Giordano Pinto de Carvalho
UFBA
Co-Orientador / Presidente



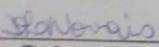
Dr. Douglas Santos Pina
UFBA



Dr. Thiago Carvalho da Silva
UFG



Dra. Manuela Silva Libânio Tosto
UFBA



Dra. Daiane Lago Novais
UFBA

BIOGRAFIA

MARIA LEONOR GARCIA MELO LOPES DE ARAÚJO, filha de Petrônio Lopes de Araújo (*in memorian*) e Vilma Garcia de Melo, nasceu em Salvador-Ba, no dia 16 de junho de 1986. Em 2005, iniciou o curso de Medicina Veterinária na Universidade Federal da Bahia, finalizando o mesmo em agosto de 2010. Em 2011, iniciou o curso de Pós-Graduação Mestrado em Ciência Animal nos Trópicos, na Universidade Federal da Bahia- UFBA, sob orientação do professor Gleidson Giordano Pinto de Carvalho e submeteu-se em março de 2013 à banca examinadora para a defesa da dissertação de mestrado. Em agosto de 2013, ingressou no curso de Pós-graduação Doutorado em Zootecnia pela Universidade Federal da Bahia- UFBA, na área de produção animal sobre orientação do professor Edson Mauro Santos e em novembro de 2017 submeteu-se ao exame de defesa.

Dedico:

Este trabalho é dedicado à minha família e ao meu pai Petrônio
(*in memoriam*).

AGRADECIMENTOS

A Deus.

Primeiramente gostaria de agradecer à minha família por todo apoio de modo a que conseguisse finalmente concluir o doutorado. Gostaria de agradecer a meu pai (*in memoriam*) que embora não esteja mais presente estaria muito orgulhoso desta minha conquista.

À FAPESB (Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado da Bahia) pela concessão da bolsa e suporte financeiro para que fosse possível a realização desse doutorado e trabalho.

Aos Professores do curso de Doutorado, em especial a Gleidson Giordano, Edson Mauro, José Esler, Vanessa Michalsky, Thadeu Mariniello pelas palavras de conforto nesses últimos anos e pelos ensinamentos.

Ao professor Douglas Pina, pela paciência e atenção cedida na reta final da tese, me auxiliando na parte estatística do trabalho.

À equipe da UESB sob orientação do Professor Aureliano no laboratório de Forragicultura com destaque ao técnico José Queiroz (“Zé”) pelo auxílio nas análises laboratoriais e momentos de descontração. Assim como à Taiala Pereira, George, Érick Rocha e Karine Pinheiro e a professora Mara Lúcia Albuquerque pela companhia durante as longas análises de urina no LAFA.

Aos alunos de graduação, mestrandos e doutorandos Catarine Teixeira, Mayara Miranda, Tainá Almeida, Adin, Messias, que foram fundamentais para que eu conseguisse concluir a fase experimental na fazenda.

Aos amigos que tive a oportunidade de adquirir desde o período do mestrado: Maurício Xavier, Tayana Nery, Willian Silva, Jocasta, Sara Menezes, Leonardo Bastos. Além disso, gostaria de agradecer à Priscila Maia, Tayana Nery, Bruna, as gêmeas (Taiana e Tatiana Cortez) e Liliane Bury, por terem se prontificado a me ajudar no período de coleta de comportamento ingestivo, ou até mesmo do manejo diário.

Agradecimento especial à equipe do professor José Esler, Daiane Silva, Lais Santana, Victor, Antônio Carneiro, Felipe Queiroz, Lucas Bulcão, Renato por terem me auxiliado independente serem orientados por outro professor, mostraram profissionalismo e me ajudaram muito quando precisei durante as coletas.

Camila Moraes, Ana Caroline Pinho, Lais Santana, Camila Oliveira, Nykita, Ana Alice Gouvêa por toda amizade, companhia e suporte pessoal e profissional durante o doutorado,

Aos pós-graduandos do grupo de estudos em Forragicultura orientados pelo professor Edson Mauro na UFPB, com destaque à Gildênia Pereira, Ana Paula Maia e Ricardo Pinho assim como a Poliane Meira por todo o auxílio e amizade durante a permanência em Areia. Também gostaria de agradecer a Dallyson por ter me ajudado tanto na confecção dos mini-silos, como também no envio destes até Areia, assim como a Franklin Delano e Lais Santana por terem me ajudado a elaborar os mini-silos mesmo com todo o cansaço que tivemos.

Também gostaria de agradecer a Nivaldo e Ana Caroline por terem sido fundamentais no término das análises laboratoriais na UFPB ao longo de 1 cansativo mês de trabalho. Acredito que tenha sido um período de muito aprendizado para todos nós

tanto do ponto de vista pessoal como também profissional. Mesmo diante de todas as dificuldades conseguimos concluir de forma conjunta nossas análises.

Ao Dears´ Club: Lais, Luciana, Amanda, Aline, Rosani, Luana, bem como Jéssica Rodolpho Rebouças, Maurício Xavier por torcerem pela minha vitória mesmo estando distantes. Muito obrigada pela amizade e carinho !!

Luis Henrique, Paula, Fabiano, Fleming, Lucas Feitosa, Camila Maida, Thanielle, Tamara que se prontificaram a me ajudar em períodos de coleta que necessitavam de muitas pessoas quando eu não tinha condição de dar conta, mesmo com o auxílio de Daiane Silva e Lais Santana.

Aos estagiários do grupo de pesquisa do professor Gleidson Giordano, em especial: Raíssa, Camila Oliveira, Daniel Amaral pela “maturidade profissional” demonstrada, me auxiliando e dando suporte durante toda a fase de realização de análises laboratoriais até no período em que estive morando em Itapetinga.

Aos colegas de doutorado e amigos que tive oportunidade de conhecer durante o doutorado Layse Gordiano, Henry (Peruano), (Brother) Luis Henrique, Bruna Yasnaia, Nykita, Bárbara, Larissa, Tamires Magalhães, Claudia Horne, Isis Carvalho, Vinicius Oliveira, Rebeca Dantas, Isabella Santos, Paula Rocha pelo suporte que me deram nesses últimos anos tanto nos estudos como também na vida pessoal.

Aos pós doutorandos Camila Maida, Luana, Aracele, Alexandre Perazzo, Timão e Daiane Lago por todo apoio e confiança, e momentos de descontração.

Enfim, gostaria de agradecer a todos que direta ou indiretamente me ajudaram e torceram para eu concluir essa etapa, mesmo com todas as dificuldades que tive ao longo deste doutorado.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo I

Microbiologia, perfil e perdas fermentativas, estabilidade aeróbica e valor nutritivo em silagens de sorgo tratadas com ureia

		Página
Figura 1.	Desdobramento das interações de PIDA em silagens de sorgo tratada com níveis de ureia antes e após 72 horas de exposição aeróbica.	57
Figura 2.	Desdobramento das interações de pH em silagens de sorgo tratada com níveis de ureia antes e após 72 horas de exposição aeróbica.	58
Figura 3.	Desdobramento das interações de carboidratos solúveis em água (CHO) em silagens de sorgo tratada com níveis de ureia antes e após 72 horas de exposição aeróbica.	59
Figura 4.	Efeito da adição de ureia e exposição aeróbica nas contagens das populações microbianas de enterobactérias(a) bactérias ácido-láticas (BAL) (b), mofos (c) e leveduras (d) em silagens de sorgo.	61
Figura 5.	Comportamento temporal da temperatura interna das silagens de sorgo tratadas com 0 (a), 5 g/kg (b), 10 (c) e 20 (d) g/kg de ureia e da temperatura ambiente avaliadas ao longo do período de 72 horas de exposição aeróbica.	64

LISTA DE TABELAS

Revisão de literatura		Página
Tabela 1.	Compilação de trabalhos científicos nacionais e internacionais avaliando o efeito da ensilagem do sorgo com níveis de ureia no desempenho produtivo de ruminantes	20
Tabela 2.	Trabalhos avaliando efeito da ureia na silagem	23

Capítulo I

Microbiologia, perfil e perdas fermentativas, estabilidade aeróbica e valor nutritivo em silagens de sorgo tratadas com ureia

		Página
Tabela 1.	Níveis de adição de ureia, com base na matéria natural adicionados à silagem de sorgo, confeccionados em mini-silos de PVC	48
_____ 2.	Composição químico-bromatológica em silagens de sorgo tratadas com ureia antes e após o período de 72 horas de exposição aeróbica	56
_____ 3.	Valores médios de pH, capacidade tampão (CATP), nitrogênio amoniacal (N-NH ₃), carboidratos solúveis em água (CHO), recuperação de matéria seca (RMS) de silagens de sorgo Volumax tratadas com ureia antes e após o período de 72 horas de exposição aeróbica	58
_____ 4.	Perdas por gases (PG), efluentes (PE) e recuperação de matéria seca (RMS) em silagens de sorgo tratadas com ureia	59
----- 5	Concentrações (% da MS) dos ácidos acético, propiônico, etanol e ácido láctico em silagens de sorgo tratadas com ureia antes e após o período de 72 horas de exposição aeróbica	60
_____ 6.	Variações de temperatura (°C) em silagens de sorgo tratadas com ureia antes e após o período de 72 horas de exposição aeróbica	63

Capítulo II

Impactos da adição de ureia na ensilagem do sorgo sobre o consumo, desempenho, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos de cordeiros

		Página
Tabela 1.	Níveis de adição de ureia, com base na matéria natural durante a ensilagem do sorgo	83
_____ 2.	Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais	84
_____ 3	Composição percentual dos ingredientes e bromatológica das dietas experimentais	85
_____ 4.	Consumo diário dos componentes nutricionais em kg, g/kg PC ^{0,75} e em g/kg de PC em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia	92
_____ 5.	Digestibilidade aparente das frações nutricionais (%) de dietas com silagens de sorgo tratadas com ureia	93
_____ 6.	Desempenho produtivo em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia	93
_____ 7.	Consumos de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp), número de períodos de ingestão, ruminação e ócio e duração média de cada evento por cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia	94
_____ 8.	Número e tempo médio despendido por período nas atividades de alimentação, ruminação e ócio, e consumos de matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) por período de alimentação em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia	95
_____ 9.	Eficiência de alimentação e ruminação da matéria seca e fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína, número mastigações por bolos ruminados, tempo médio em mastigações por bolo ingerido (segundos) e tempo	96

	de mastigação total em horas por dia em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia	
10.	Níveis séricos de metabólicos sanguíneos em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia	97

Capítulo III

Silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica em dietas para cordeiros

		Página
Tabela 1.	Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais	121
2.	Composição percentual dos ingredientes e bromatológica das dietas experimentais	122
3.	Consumo diário dos componentes nutricionais em kg/dia, g/kg PC ^{0,75} e em g/kg de PC em cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas à 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	129
3.1.	Desdobramento das interações de consumo de extrato etéreo (kg/dia), CFDNcp (g/kg PC) em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	130
4.	Digestibilidade aparente das frações nutricionais (%) de dietas com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas à 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	131
4.1.	Desdobramento das interações de digestibilidade aparente dos carboidratos não-fibrosos com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	132
5.	Consumos de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp), número de períodos de ingestão, ruminação e ócio e duração média de cada evento em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas à 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	133
6.	Número e tempo médio despendido por período nas atividades de alimentação, ruminação e ócio, e consumos de matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) por período de alimentação em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas à 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	134
6.1.	Desdobramento das interações de N° de período (n°/dia), tempo gasto por período (min), consumo médio por período de alimentação MS (kg) em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	134
7.	Eficiência de alimentação e ruminação da matéria seca e fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína, número mastigações por bolos ruminados, tempo médio em mastigações por bolo ingerido (segundos) e tempo de mastigação total em horas por dia em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas à 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	136
8.	Níveis séricos de metabólicos sanguíneos em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas à 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica	137

LISTA DE ABREVIATURAS

ALT – Alanina-aminotransferase
 AOAC - *Association of analytical chemists*

AST – Aspartato-aminotransferase
 CA - Conversão alimentar
 CIN - Cinzas
 CMS - Consumo de matéria seca
 CMO - Consumo de matéria orgânica
 CPB - Consumo de proteína bruta
 CEE - Consumo de extrato etéreo
 CFDN - Consumo de fibra detergente neutro
 CCNF - Consumo de carboidratos não-fibrosos
 CIDN - cinza indigestível em detergente neutro
 CNF - Carboidratos não-fibrosos
 CPB - Consumo de proteína bruta
 CT - Carboidratos totais
 CZ - Cinzas
 dL – Decilitro
 EA – eficiência alimentar
 EDTA
 EE - Extrato etéreo
 EED - Extrato etéreo digestível
 EPM - Erro padrão da média
 FDA - Fibra em detergente ácido
 FDN - Fibra em detergente neutro
 FDN_{cp} - Fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína
 g - Gramas
 GGT - Gama-glutamiltransferase
 GMD - Ganho médio diário
 GPT - Ganho de peso total
 Kg - Quilograma
 L - Litro
 mg - Miligrama
 MM - Matéria mineral
 mm- Milímetro
 mmol - Milimol
 MN - Matéria natural
 MO - Matéria orgânica
 MS - Matéria seca
 NDT - Nutrientes digestíveis totais
 NIDN – Nitrogênio insolúvel em detergente neutro
 NIDA – Nitrogênio insolúvel em detergente ácido
 NRC - Nutrient Research Council
 PB - Proteína bruta
 PBD - Proteína bruta digestível
 PIDA - Proteína indigestível em detergente ácido
 PIDN - Proteína indigestível em detergente neutro
 PV - Peso vivo
 PV^{0,75} – Peso vivo metabólico
 SPRD - Sem Padrão Racial Definido
 UI - Unidade internacional
 µg - micrograma

SUMÁRIO

	Página
Sorgo ensilado com ureia em dietas para cordeiros	
1.0. Introdução geral	1

2.0. Revisão de literatura	8
2.1. A cultura do sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench).....	8
2.2. A cultura do sorgo para a produção de silagens	11
2.3. Aditivos utilizados na silagem	14
2.4. Mecanismo de ação da ureia no processo de ensilagem	15
2.5. Efeito da ensilagem do sorgo com ureia sobre a qualidade da silagem e desempenho de ruminantes	18
2.6. Impacto da estabilidade aeróbica sobre o consumo e o desempenho animal	24
3.0 Referências bibliográficas	

CAPÍTULO I

Página

Microbiologia, perfil e perdas fermentativas, estabilidade aeróbica e valor nutritivo em silagens de sorgo tratadas com ureia

Resumo	43
Abstract	44
1.0. Introdução	45
2.0. Material e métodos	46
3.0. Resultados	55
4.0 Discussão	63
5.0. Conclusões	107
6.0. Referências bibliográficas	108

CAPÍTULO II

Página

Impactos da adição de ureia na ensilagem do sorgo sobre o consumo, desempenho, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos de cordeiros

Resumo	79
Abstract	80
1.0. Introdução	81
2.0. Material e métodos	83
3.0. Resultados	92
4.0 Discussão	98
5.0. Conclusões	107
6.0. Referências bibliográficas	108

CAPÍTULO III

Página

Silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica em dietas para cordeiros

Resumo	116
Abstract	117
1.0. Introdução	118
2.0. Material e métodos	119
3.0. Resultados	128
4.0 Discussão	136
5.0. Conclusões	146
6.0. Referências bibliográficas	147
Considerações Finais e Implicações	

RESUMO GERAL

Foram conduzidos três experimentos com o objetivo de estudar o efeito da ureia na fermentação e estabilidade da silagem de sorgo, assim como no desempenho produtivo e metabolismo animal. Além disso, foi também analisado o impacto da exposição aeróbica na silagem de sorgo tratada com ureia nas variáveis anteriormente mencionadas na alimentação de cordeiros. No primeiro experimento foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições para avaliar os efeitos da ureia sobre a composição bromatológica, perdas e perfil fermentativo, microbiologia e estabilidade aeróbica da silagem. Foram estudados os níveis de adição de ureia, com base na matéria natural: T1 – 0 g/kg (silagem controle); T2 – 5 g/kg; T3 – 10 g/kg; T4 – 20 g/kg de ureia com base MN. A inclusão de até 20 g/kg de ureia não reduz perdas fermentativas por gases ou aumenta recuperação na matéria seca na silagem de sorgo e não promove maior estabilidade aeróbica durante 72 horas. No segundo experimento foi avaliado o efeito dos mesmos níveis de ureia na silagem de sorgo sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, desempenho produtivo, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos em cordeiros. Quarenta cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, com peso vivo médio de 21.73 ± 2.40 kg foram alocados em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 10 repetições. As dietas não influenciaram ($P > 0,05$) os consumos e digestibilidades dos nutrientes, com exceção da digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (FDNcp) que decresceu linearmente. Foram observadas reduções lineares ($P < 0,05$) nos ganhos de peso total e médio diário. O tempo gasto por período em ruminação foi influenciado quadraticamente ($P < 0,05$) e número de períodos que os animais permaneceram em mastigação (nº/dia) de forma linear decrescente. As concentrações séricas de ureia e atividade da enzima GGT foram afetadas pelas dietas. No terceiro experimento avaliou-se o impacto da exposição aeróbica de silagens de sorgo tratada com ureia sobre as mesmas variáveis avaliadas em cordeiros no segundo experimento. Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 3, com 2 tipos de silagem de sorgo (controle e tratada com 5 g/kg de ureia) e 3 períodos de exposição aeróbica (0, 24 e 48 horas). Os consumos de MS, PB, NDT (kg/dia) foram influenciados pelos tempos de exposição aeróbica. As digestibilidades dos nutrientes foram influenciadas pelas dietas e pelos tempos de exposição aeróbica. Não houve efeito das dietas ($P > 0,05$) sobre o desempenho produtivo. Apenas as eficiências de alimentação e ruminação e o nº de bolos / dia foram influenciados ($P > 0,05$) pelas dietas. As concentrações séricas de ureia e ALT foram afetadas pelas dietas. A oferta de silagem de sorgo ensilada com 5 g/kg de ureia ou

controle submetidas até 48 horas de exposição ao oxigênio não diminui o desempenho produtivo, mas afeta os consumos e digestibilidade de nutrientes e o comportamento ingestivo. Assim, a oferta na dieta de ovinos dessas silagens, apesar de não alterar a eficiência alimentar e ganho de peso modificam o perfil metabólico dos animais.

PALAVRAS CHAVE: aditivos, deterioração aeróbica, estabilidade, ovinos

ABSTRACT

Three experiments were conducted with the objective of studying the effect of urea on the quality of sorghum silage and on productive performance and animal metabolism. In the first experiment, a completely randomized design with four treatments and five replicates was used to evaluate the effects of urea on the bromatological characteristics, losses and fermentative profile, microbiology and aerobic stability of the silage. The levels of urea addition based on natural matter were studied: T1 - 0 g/kg (control silage); T2 - 5 g/kg ; T3 - 10 g/kg; T4 - 20 g/kg, of urea on natural matter basis. The inclusion of up to 20 g/kg urea does not reduce gas fermentation losses or increase dry matter recovery in sorghum silage and does not promote greater aerobic stability for 72 hours. In the second experiment, the effect of the same levels of urea in sorghum silage on nutrient intake and digestibility, productive performance, ingestive behavior and blood metabolites in lambs was evaluated. Forty Dorper x Santa Inês crossbred lambs with average body weight of 21.73 ± 2.40 kg were distributed in a completely randomized design with four treatments and 10 replicates. The diets did not affect ($P>0.05$) nutrient intakes and digestibility, except for the digestibility of the linearly decreasing FDNcp. Linear reductions ($P<0.05$) were observed in total and average daily weight gains. The time spent per period in rumination was influenced quadratically ($P<0.05$) and number of periods that the animals remained in chewing (n°/day) was influenced linearly decreasing. Serum concentrations of urea and GGT enzyme activity were affected by diets. In the third experiment the impact of aerobic exposure of urea-treated sorghum silages on the same variables evaluated in lambs in the second experiment was evaluated. A completely randomized design was used in a 2 x 3 factorial arrangement with 2 sorghum silages (control and treated with 5 g/kg of urea) and 3 aerobic exposure times (0, 24 and 48 hours). Intakes of DM, PB, TDN (kg / day) were influenced by aerobic exposure times. Nutrient digestibilities were influenced by diets or aerobic exposure times. There was no effect of the diets ($P>0.05$) on the productive performance. Only the feeding and rumination efficiencies and the number of bolus / day were influenced ($P>0.05$) by the diets. Serum urea and ALT concentrations were affected by diets. The supply of silage of silage ensiled with 0.5% of urea or control submitted up to 48 hours of exposure to oxygen does not decrease the productive performance, but it affects the nutrient intake and digestibility and the ingestive behavior. Thus, the dietary supply of sheep of these silages, despite not changing feed efficiency and weight gain, modify the metabolic profile of the animals.

1.0 INTRODUÇÃO GERAL

A ovinocultura é uma atividade desenvolvida em diversas partes do mundo, estando o rebanho ovino distribuído em diferentes condições climáticas, relevos e tipos de vegetação, sendo os ovinos considerados animais rústicos e de fácil adaptação. Segundo dados disponibilizados pelo IBGE (2017), no Brasil o rebanho da espécie ovina soma um total de 17.61 milhões de cabeças, estando cerca de 10.12 milhões de cabeças concentrados na região Nordeste do país.

A ovinocultura é uma das mais importantes atividades econômicas, apresentando também papel social na região Nordeste do Brasil e no mundo, pois representa uma fonte de renda para os produtores rurais, através da obtenção de carne, leite, pele e derivados (PINHO et al., 2016). Entretanto, o sistema de produção predominante é o extensivo, onde na maioria dos casos não permite a obtenção de índices zootécnicos adequados, sendo, portanto fundamental a utilização de estratégias que possam promover melhorias nutricionais aos rebanhos.

A estacionalidade da produção das pastagens, segundo Albuquerque et al. (2013) juntamente com a falta de planejamento forrageiro acabam sendo os principais fatores responsáveis pelos baixos índices de desempenho produtivo verificados na pecuária nacional, devido aos longos períodos de estiagens e oferta irregular de nutrientes e de forragem de boa qualidade. Em virtude dessa característica climática resultando em comprometimento na produção agropecuária, no tocante ao Semiárido Brasileiro é de fundamental importância que sejam aplicadas estratégias específicas para obtenção de maior rendimento na produção de forragens (PERAZZO et al., 2013).

Santos et al. (2016) destacaram que o uso de forragem conservada, principalmente na forma de silagem é uma alternativa de suprimento de forragem de alimento com alta qualidade durante os períodos de escassez alimentar no Brasil. Portanto, a ensilagem torna-se uma ferramenta para o fornecimento de alimentos aos animais durante o período seco do ano caracterizado pela disponibilidade sazonal restrita de pastagens, garantindo aos animais boa qualidade de alimentação volumosa ao longo de todo o ano (BOTELHO et al., 2010).

Neumann et al. (2002) enfatizaram que a cultura do sorgo para produção de silagem no país tem se mostrado como uma alternativa viável aos produtores, principalmente, em regiões em que são constatadas limitações devido ao déficit hídrico que dificultam o

cultivo do milho. A utilização do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) na produção de forragem tem assumido um crescente e importante papel nos últimos anos no Brasil e no mundo pois é considerada uma espécie mais resistente a fatores ambientais adversos, como o estresse hídrico (TARDIN e RODRIGUES, 2010). Além disso, o grande potencial do sorgo para ensilagem deve-se, principalmente ao alto rendimento de matéria seca por unidade de área e características que favorecem o perfil de fermentação desejável, como teores adequados de matéria seca (30% a 35%), teor de carboidratos solúveis maiores que 5% e baixo conteúdo de substâncias tamponantes.

Conforme descrito por Ramos et al. (2016), o sorgo apresenta características desejáveis para a produção de silagem. Porém, como o teor de carboidratos solúveis é maior no colmo, o sorgo forrageiro e sacarino geralmente apresentam alta concentração de carboidratos que facilitam a multiplicação de leveduras, mofos e enterobactérias. Dessa forma, a presença desses microrganismos está diretamente relacionada com a menor estabilidade aeróbica da silagem e maiores perdas do material ensilado.

Keady et al. (2013) salientaram que a qualidade original do alimento é fundamental para garantir a produção de uma silagem com valor nutricional adequado. Além disso, mencionaram que a fermentação desejável de uma silagem bem feita assegura seu consumo pelos animais, influenciando positivamente no desempenho produtivo. Corroborando o que foi mencionado, Oliveira et al. (2016) destacaram que a qualidade da silagem afeta o consumo e a digestibilidade dos nutrientes sendo principalmente influenciados pelo teor de matéria seca (MS), concentração de carboidratos solúveis em água e as populações de microrganismos presentes na forragem, haja vista que podem interferir na fermentação.

A silagem de sorgo é um alimento susceptível à deterioração após exposição aeróbica pelo fato de possuir elevados teores de carboidratos solúveis residuais, o que torna-se um dos principais entraves para a estabilidade do material ensilado pós-abertura no silo até o fornecimento aos animais.

Kung Jr. (2014) mencionou que vários aditivos químicos com propriedades antifúngicas têm sido utilizados para estabilidade aeróbica de silagens. Dentre eles é possível citar o uso da ureia, que tem seu efeito benéfico associado ao aumento da estabilidade da forragem conservada, pela ação sobre microrganismos e fermentações indesejáveis como a etanólica, bem como no controle da proteólise ou crescimento

aeróbio. O uso de aditivos alcalinos, como a ureia em virtude de promover liberação de amônia pela hidrólise da ureia pode alterar o perfil de fermentação da silagem e reduzir as perdas de nutrientes (WOOLFORD,1984). Ainda conforme o autor, a ureia apresenta efeito benéfico sobre a composição bromatológica e a digestibilidade da silagem, com consequente potencial para melhoria do valor nutritivo do produto final.

A deterioração da silagem, conforme Bernardes (2016) pode ser constatada através de aspectos como aumento de temperatura e pH, perdas de matéria seca (MS) e de nutrientes, crescimento de fungos superficiais e diminuição do consumo pelos animais. Dessa forma, a exposição da silagem ao oxigênio propicia que vários microrganismos associados com a degradação tornem-se ativos e se multipliquem, resultando em comprometimento da qualidade do material ensilado (Pahlow, 2003) e perdas econômicas substanciais.

Após o levantamento bibliográfico de artigos científicos publicados avaliando o uso da ureia na ensilagem do sorgo entre os anos de 1994 e 2016, foi possível constatar que boa parte dos estudos foram conduzidos com o objetivo de avaliar o efeito deste aditivo sobre a qualidade da silagem, que levando-se em consideração tanto o consumo, e desempenho dos animais, como também o valor nutritivo da silagem. Todavia, ainda são escassos estudos analisando o impacto do fornecimento deste volumoso no desempenho produtivo de cordeiros terminados em confinamento.

Neste contexto, baseado na hipótese da ureia melhorar o valor nutritivo, e promover o controle do crescimento de leveduras minimizando os efeitos de deterioração aeróbica, foi desenvolvida a presente tese com o intuito de avaliar seus efeitos na composição química e microbiológica das silagens, perfil e perdas fermentativas e na deterioração aeróbica. Além disso, objetivou-se analisar o efeito do fornecimento desta silagem como fonte de volumoso no desempenho produtivo de cordeiros. Para o entendimento a respeito do tema desenvolvido, a tese foi dividida em capítulos da seguinte forma: **Revisão de literatura** - Apresenta uma síntese com relação à silagem de sorgo, bem como os principais efeitos causados pelas leveduras na silagem após a abertura dos silos. A revisão aborda também o tema dos diferentes tipos de aditivos utilizados na produção de silagens e suas funções na qualidade do produto fermentado. Por fim é ressaltada a importância da realização de ensaios de desempenho animal na avaliação de aditivos em silagens.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, C.J.B., JARDIM, R.R., ALVES, D.D., GUIMARÃES, A.DS., PORTO, E.M.V. Características agronômicas e bromatológicas dos componentes vegetativos de genótipos de sorgo forrageiro em minas gerais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 164-182, 2013.
- BERNARDES, T.F. (2016). Advances in Silage Sealing, Advances in Silage Production and Utilization, Dr. Thiago Da Silva (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/65445. Available from:<https://www.intechopen.com/books/advances-in-silage-production-and-utilization/advances-in-silage-sealing>.
- BOTELHO, P.R.F.; PIRES, D.A.A.; SALES, E.C.J. et al. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 9, n.3, p. 287-97, 2010.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2017). Dados censitários. Disponível em:< ibge.gov.br> . Acesso em: Maio de 2017.
- KEADY, T. W. J.; HANRAHAN, J. P.; MARLEY, C.L.; SCOLLAN, N. D. 2013. Production and utilization of ensiled forages by beef cattle, dairy cows, pregnant ewes and finishing lambs - A review. *Agricultural and Food Science*, v.23,70-92.
- KUNG, L. Managing the aerobic stability of silages. **Forage conservation**, 2014.
- NEUMANN, M., RESTLE, J., ALVES FILHO, D. C., BRONDANI, I. L., PELLEGRINI, L. D., FREITAS, A. D. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, 293-301, 2002.
- OLIVEIRA, J. S., SANTOS, E. M., SANTOS, A. P. M. Intake and Digestibility of Silages. In: **Advances in Silage Production and Utilization**. InTech, 2016.
- PAHLOW, G., MUCK, R. E., DRIEHUIS, F., ELFERINK, S. J. W. H. O., & SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. **Agronomy**, v. 42, p. 31-94, 2003.
- PERAZZO, A. F.; SANTOS, E. M.; PINHO, R. M. A.; CAMPOS, F. S.; RAMOS, J. P. F.; AQUINO, M. M.; SILVA, T. C. AND BEZERRA, H. F. B. Características agronômicas e eficiência do uso da chuva em cultivares de sorgo no semiárido. *Ciência Rural*, v.43, p.1771-1776, 2013.
- PINHO, B. D., RAMOS, A. F. O., JÚNIOR, J. D. B. L., FATURI, C., MACIEL, A. G., DE SOUZA NAHÚM, B., ARAÚJO, G. S. Feeding behavior of sheep fed diets with

Elaeis guineensis palm kernel meal. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 37, n. 4, p. 2513-2520, 2016.

RAMOS, J. P. F.; SANTOS, E. M.; SANTOS, A. P. M.; SOUZA, W. H.; OLIVEIRA, J. S. (2016). Ensiling of Forage Crops in Semiarid Regions, Advances in Silage Production and Utilization, Dr. Thiago Da Silva (Ed.), InTech. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-silage-production-and-utilization/ensiling-of-forage-crops-in-semiarid-regions>.

SANTOS, E. M., PEREIRA, O. G., GARCIA, R., FERREIRA, C. L. L. F., OLIVEIRA, J. S., SILVA, T.C. Effect of regrowth interval and a microbial inoculant on the fermentation profile and dry matter recovery of guinea grass silages. **Journal of Dairy Science**, v.97, n.7, p.4423-4432, 2014.

TARDIN, F.D.; RODRIGUES, J.A.S.; COELHO, R.R. 2010. Cultivo do Sorgo. Cultivares. Embrapa Milho e Sorgo. Sistema de Produção, 2. Versão Eletrônica 6ª edição. Set./2010. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_6_ed/cultivares.htm>. Acesso em: 17 de março de 2016.

WOOLFORD, M.K. The silage fermentation. New York: Marcel Dekker, 1984. 322p.

HIPÓTESE

A ureia, em virtude do seu efeito fungicida, quando utilizada como aditivo químico na ensilagem de sorgo, melhora estabilidade aeróbica da silagem minimizando as perdas do material após a abertura e exposição ao oxigênio. Dessa forma, a silagem de sorgo, como fonte de volumoso, ao ser tratada com até 2% de ureia com base na matéria natural, pode ser utilizada na alimentação de ovinos de corte na fase de crescimento, sem trazer prejuízos ao desempenho produtivo dos animais.

Hipotetizamos também que silagens de sorgo tratadas com ureia diante do potencial deste aditivo apresentam maior estabilidade aeróbica, em comparação à silagens de sorgo que não foram submetidas a tratamento químico durante a ensilagem. Dessa forma, é possível a manutenção das mesmas por um maior período de tempo expostas ao oxigênio, de modo que seja verificado pouco comprometimento do consumo, desempenho e valor nutritivo desta silagem até o consumo pelos animais.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar os efeitos da adição de ureia no momento da ensilagem do sorgo sobre as características químicas e microbiológicas da silagem, bem como o efeito do fornecimento deste volumoso na dieta para cordeiros confinados.

Objetivos específicos

Capítulo I:

- Comparar a composição químico-bromatológica e microbiológica das silagens de sorgo aditivadas com ureia antes e após a exposição aeróbica;
- Avaliar o efeito da ensilagem de sorgo com ureia sobre o perfil fermentativo por meio da análise dos valores de pH e capacidade tampão, bem como das concentrações de nitrogênio amoniacal, carboidratos solúveis em água e ácidos orgânicos;
- Avaliar o efeito da ensilagem do sorgo com ureia nas perdas por gases, efluentes e recuperação de matéria seca;

Capítulo II:

- Avaliar o consumo e a digestibilidade aparente das dietas com inclusão de ureia na silagem de sorgo;
- Avaliar o efeito do tratamento da silagem de sorgo com ureia sobre a variação de peso corporal de ovinos em crescimento;
- Avaliar o comportamento ingestivo de cordeiros alimentados com silagem de sorgo tratada com ureia;
- Avaliar os parâmetros sanguíneos de cordeiros alimentados com silagem de sorgo tratada com ureia;

Capítulo III:

- Avaliar o impacto da exposição ao ar em silagem de sorgo tratada com 0 e 5 g/kg de ureia, durante 0, 24 e 48 horas sobre o consumo, digestibilidade e variação de peso corporal em cordeiros;
- Estudar os efeitos da exposição aeróbica da silagem de sorgo tratada com ureia durante 0, 24 e 48 horas sobre o comportamento ingestivo e parâmetros sanguíneos de cordeiros;

2.0. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

O sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), pertence à família Poaceae e ao gênero *Sorghum*. É uma gramínea originária de regiões de clima tropical provavelmente no continente Africano (Etiópia e Sudão), sendo uma das principais culturas do cenário agrícola mundial, ocupando o quinto lugar entre os cereais mais produzidos no mundo, depois do trigo, arroz, milho e cevada (SCHEUERMANN, 1998; FERNANDES, 2013). Segundo Peerzada e Chauhan (2017), o sorgo é uma forrageira de metabolismo fotossintético C4 bastante cultivada para a produção de grãos, alimento/forragem e uso como biocombustível em áreas tropicais e semi-tropicais do mundo (KAWAHIGASHI et al., 2012).

Dentre as vantagens da utilização desta cultura, é possível citar o maior rendimento de matéria seca em relação a outras gramíneas e a possibilidade de utilização da rebrota. Além disso, pode ser considerada uma planta com características xerófilas, e que apresenta baixas exigências de fertilidade do solo, e resistência / tolerância à seca e salinidade (PINHO et al., 2015). Portanto, devido ao seu elevado mecanismo de eficiência de utilização hídrica e tolerância à seca e às altas temperaturas, seu uso é favorecido como uma forrageira alternativa ao milho em regiões que apresentam disponibilidade marginal de água, como será descrito ao longo da revisão.

Silva et al. (2001) descreveram que o sorgo apresenta dois mecanismos de adaptação a déficit hídrico, que são o escape e a tolerância. Ainda de acordo com os autores, o escape acontece devido ao sistema radicular profundo e ramificado o qual é eficiente na extração de água do solo. Por sua vez, a tolerância está relacionada ao nível bioquímico. Assim, a planta do sorgo reduz o metabolismo, murcha (hiberna) e possui um poder extraordinário de recuperação quando o estresse é interrompido.

Como ressaltado por Williams et al. (1999), o potencial do sorgo em adaptar-se a uma diversidade de ambientes e, sobretudo, em locais caracterizados pelo déficit hídrico, que são desfavoráveis à maioria dos cereais, fez com que essa cultura se tornasse popular em diversas partes do mundo. Dessa forma, a produção dessa forrageira pode ser verificada em países localizados nos diversos continentes, sendo a produção mundial liderada pelos Estados Unidos, México e Nigéria.

Segundo a FAO (2012), o sorgo é considerado o quinto cereal mais produzido no mundo, depois do milho, trigo, arroz e cevada. Conforme dados disponibilizados pela United States Department of Agriculture - USDA, para o panorama internacional da produção de sorgo projeta-se que para o ano-safra 2016/17 seja em torno de 64,11 milhões de toneladas. Dessa forma, segundo o órgão, isso representa um aumento de 7,01%, em comparação ao que foi produzido no mundo no ano anterior – 2015/16, que foi em torno de 59,91 milhões de toneladas. Além disso, no que diz respeito à produtividade mundial em 2016/2017 foi verificado um aumento de 7,09%, quando comparada à produtividade do ano 2015/2016 que apresentou um rendimento anual de 1,41 tonelada/hectare, ao passo que em 2016/2017 estima-se que alcance em torno de 1,51 tonelada/hectare.

Conforme informações disponibilizadas pela Embrapa Milho e Sorgo (2010), o sorgo é utilizado como principal fonte de alimento em grande parte dos países da África, Sul da Ásia e América Central, sendo importante componente da alimentação animal nos Estados Unidos, Austrália e América do Sul. Segundo destacado por Rooney e Waniska (2000), mais de 40% da produção mundial é usada para o consumo humano.

Na alimentação animal, segundo Mezzena et al. (2000), o sorgo é uma gramínea tropical que apresenta grande potencial de produção e alto valor nutritivo, podendo ser utilizado tanto na forma do pastejo direto, como também na forma de feno silagem, ou para a produção de grãos. Ainda como descrito pelos autores, o fornecimento da sua forragem fresca em virtude da sua disponibilidade em várias épocas do ano, permite uma produção com alto desempenho em regiões sujeitas a períodos prolongados de deficiência hídrica

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), no seu sétimo levantamento de safras, foi estimada uma produção de sorgo no Brasil para a safra de 2016/2017 com uma área de plantio de 608,1 mil hectares (ha), merecendo destaque para a região Centro-Oeste, totalizando 287,0 mil ha, seguida das regiões Sudeste (185,6), Nordeste (108,9) e Norte (17,6). No Brasil, é prevista uma produtividade de 2.798 kg/hectare e produção de 1.701,2 mil toneladas para a safra de 2016/2017, com notoriedade para a produção nos estados de Goiás, em que é previsto um total de 840,0 mil toneladas, Minas Gerais (525,0), Bahia (107,2) e Mato Grosso (75,2).

Ainda conforme dados disponibilizados pelo órgão, o cultivo do sorgo no estado da Bahia ocupa a área de 98,5 mil hectares, sendo o plantio da cultura realizado em dois

momentos, nos meses de novembro e dezembro para os cultivos de sequeiro e, fevereiro e março para os cultivos irrigado. A colheita que teve início no mês de março, com a expectativa de produção em torno de 107,2 mil toneladas de grãos, estima-se que a colheita, até o momento, tenha atingido 25%. Os números da safra atual representam aumento de 11,4% na área cultivada e aumento de 18,3% na produção de grãos em relação à safra passada. De acordo com o oitavo levantamento da CONAB (2017), a produção de sorgo é destinada basicamente ao consumo interno, sendo consumido pelas indústrias granjeiras e pecuárias. No que diz respeito ao estado da Bahia, o seu cultivo é impulsionado pelas boas cotações do milho, isso porque o sorgo substitui parcialmente o milho nas rações, sem contar que a lavoura de sorgo é menos exigente em insumos e é resistente ao estresse hídrico, sendo cultivada praticamente com os resíduos da cultura anterior. A distribuição dos campos de sorgo na Bahia pelo Centro-Norte, Centro-Sul, Vale do São Francisco e Extremo Oeste, tanto em manejo irrigados e sequeiro, com plantio direto e convencional e com rotação de cultura com o algodão, milho e soja.

Como principais vantagens atribuídas à cultura do sorgo é possível mencionar o seu cultivo tanto em zonas temperadas como em tropicais; possui alta produção de massa verde (MV) (28,6 a 137,7 ton/ha) e massa seca (MS) (8,9 a 39,5 ton/ha), em comparação ao milho (29,4 a 59,4 ton/ha de MV e 11,4 a 23 ton/ha de MS). Outros fatores favoráveis ao cultivo do sorgo são o ciclo vegetativo curto (alguns híbridos atingem a maturidade em menos de 75 dias e podem fornecer três colheitas por ano), sendo adequado para rotação de culturas, além da tolerância à seca, alagamento, toxicidade, salinidade e acidez do solo, baixos requerimentos de fertilizante (PAZIANI; DUARTE, 2006; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC,1996).

Segundo Fontes e Moura Filho (1979), o sorgo é muito resistente à desidratação em virtude do seu sistema radicular caracterizado por ser fibroso e extenso (podendo atingir 1,5m de profundidade), ao ritmo de transpiração eficaz (retardamento do crescimento) e características foliares das xerófitas, a exemplo da serosidade e a ausência de pilosidade, os quais reduzem a perda de água da planta. Além disso, apresenta menor exigência de água para seu desenvolvimento, utilizando em média 330 kg de água para produzir um quilograma de matéria seca, em comparação ao milho e o trigo, por exemplo, que utilizam 370 e 500 kg, respectivamente, para produzir a mesma quantidade de matéria seca (MAGALHÃES e DURÃES, 2003).

Do ponto de vista agrônomo, Vogel e Martinkoski (2013) mencionaram que os sorgos podem ser classificados para várias finalidades, destaca-se a importância na produção de grãos ou sorgo granífero, e o sorgo forrageiro. O sorgo granífero apresenta porte baixo, sendo geralmente inferior a 1,6 metros, elevada produção de grãos e panículas, sendo ainda adaptados à colheita mecânica. O sorgo forrageiro caracteriza-se por apresentar alto porte de planta, em média superior a 2 metros de altura, e ainda por apresentar diferentes finalidades, a exemplo do sorgo sacarino o qual apresenta baixa produção de grãos e elevadas concentrações de açúcares redutores, além do sorgo duplo propósito, o qual se apresenta como uma boa alternativa para fabricação de silagem, pois apresentam boa produção de grãos elevando o valor nutricional desta planta ensilada, ocorre ainda o sorgo tipo vassoura, o qual é utilizado basicamente para produção de vassoura e em alguns casos para pastejo, mas especialmente para corte e fenação (RODRIGUES e SILVA, 2011; RODRIGUES e SANTOS, 2011; RODRIGUES et al., 2012).

2.2. A cultura do sorgo para a produção de silagem

A conservação de forragem na forma de silagem, conforme Wilkinson (2011) é uma importante fonte de nutrientes na nutrição animal em diversos países do mundo. Isso pode ser justificado pelo fato de permitir que as forragens tornem-se disponíveis para o uso, tanto ao longo do ano, como também em períodos de disponibilidade sazonal restrita de forragens para o pastejo animal.

A ensilagem, conforme descrito por McDonald et al. (1991), consiste na fermentação anaeróbica de plantas forrageiras e tornando-se uma boa opção de conservação de alimentos volumosos para suplementação no período seco do ano. Ainda segundo os autores, para que o processo de ensilagem seja realizado de forma satisfatória, a forrageira ensilada deve apresentar teor de matéria seca entre 30 a 35%, concentração adequada de carboidratos solúveis, (mínimo de 8% MS) (Woolford; Sawczyc, 1984; McDonald; Henderson; Heron, 1991) poder tampão reduzido (20 a 40 g de ácido láctico/kg de MS) (Weißbach, 1967). Estas características são imprescindíveis para que os processos fermentativos ocorram de forma eficiente, de modo a proporcionar decréscimo no valor de pH e inibição de microrganismos indesejáveis ao processo de conservação (BOLSEN; ASHBELL; WILKINSON, 1995).

Além das características descritas, em geral, silagens que apresentam adequado processo de fermentação apresentam valores de pH que variam de 3,4 a 4,2, concentração de ácido láctico entre 6 a 8% da matéria seca, ou 60% do total de ácidos orgânicos, e nitrogênio amoniacal menores que 10% do teor de nitrogênio total.

Conforme França et al. (2011), o processo de ensilagem tem sido bastante estudado com o objetivo de suprir as deficiências causadas durante a estação seca do ano, proporcionando incremento no valor nutricional da dieta, bem como redução dos gastos devido ao uso de concentrados, permitindo assim a otimização da eficiência de produção das propriedades.

Embora os valores de pH sejam um dos fatores importante para a conservação do material submetido à ensilagem, como destacado por Reis et al. (2013), não deve ser considerada como variável única para avaliar a qualidade da silagem. Os autores ainda destacaram que a utilização deste termo “qualidade da silagem” deve ser utilizado como forma de avaliar a resposta do animal ao alimento. Contudo, comumente é adotado como forma de analisar o padrão fermentativo e a qualidade de conservação da silagem, que consequentemente está associado à proporção das perdas em relação a quantidade e qualidade do material ensilado.

Características marcantes favorecem a utilização da planta do sorgo para a produção de silagem (Santos et al., 2006), podendo ser comparada ao milho (*Zea mays* L.), quanto ao seu valor agrônomico e nutritivo. Entretanto, quando se considera a exigência e o rendimento (produção), o sorgo se distingue por sua maior tolerância à seca, sua capacidade de recuperação e produção após períodos de déficit hídrico, respondendo até em solos com limitações de nutrientes (Mazza et al., 2002), e por causa das suas características fenotípicas que auxiliam no plantio, manejo, colheita e armazenamento (BOTELHO et al., 2010). Além de seus atributos agrônomicos, Tolentino et al. (2016) destacaram o potencial do sorgo como planta favorável para o processo de ensilagem por apresentar características desejáveis à fermentação, tais como adequado teor de matéria seca, alta concentração de carboidratos solúveis e baixo conteúdo de substâncias tamponantes (NEUMANN et al., 2002; FERNANDES et al., 2009).

Fatores como sazonalidade das pastagens associado à intensificação dos sistemas de produção no Brasil provocaram o aumento da produção de silagem de sorgo com o aumento da sua relevância ao longo dos anos, especialmente nas regiões áridas ou semi-

áridas do país. Como já descrito, isso pode ser justificado pelo fato do sorgo ser uma cultura que apresenta alta resistência ao estresse hídrico, tornando-se o Brasil um dos países com as maiores potencialidades na adaptação e crescimento desta cultura. Neste contexto, a conservação de forragem na forma de silagem pode ser uma alternativa viável para reduzir o problema da escassez de forragem durante os períodos mais secos do ano, possibilitando maior viabilidade aos sistemas de produção.

A região Nordeste do Brasil, como descrito na literatura científica, tem aproximadamente 70% de sua área incluída na região semiárida, apresentando condições edafoclimáticas caracterizada pela variação sazonal na produção de forragem, a qual é usada como base da alimentação dos ruminantes. Reis et al. (2013) mencionaram que as condições do clima brasileiro possibilitam o cultivo de diversas espécies forrageiras passíveis de serem submetidas ao processo de ensilagem, que apresentam diferentes resultados tanto em produtividade, como também valor nutritivo de modo a serem utilizadas na alimentação animal. Ainda segundo os autores, no Brasil as espécies mais utilizadas na produção de silagens foram o milho seguido do sorgo, conforme levantamentos realizados no país.

Cattani et al. (2016), sugeriram que o cultivo e subsequente uso de silagens de sorgo na alimentação de ruminantes deve necessariamente considerar as principais peculiaridades de cada híbrido cultivado sob diferentes condições. Existe um grande número de cultivares de sorgo com características diferentes, variando quanto ao ciclo, o porte das plantas e a capacidade de produção de matéria seca e de grãos, sendo a qualidade da silagem dependente, fundamentalmente, da aptidão do cultivar e manejo do plantio, do estágio de maturação no momento do corte e da natureza do processo fermentativo (MACHADO et al., 2012).

Ratificando o que foi acima mencionado, Cândido et al. (2002) destacaram que o valor nutricional das silagens produzidas a partir dessa cultura depende de fatores como características do híbrido utilizado, como altura, porcentagem de panículas, colmo, folhas e estágio de maturidade no momento da colheita. Devido a isso, são constatadas variações nas composições bromatológicas em estudos conduzidos avaliando o potencial de diferentes híbridos de sorgo para a produção de silagem.

Segundo Neumann et al. (2002), a cultura do sorgo para produção de silagem no país tem-se mostrado como uma alternativa viável aos produtores, principalmente, em

regiões que apresentam limitações para o cultivo ou a produção do milho. O grande potencial do sorgo para ensilagem deve-se, principalmente, por apresentar alto rendimento de matéria seca por unidade de área e características que favorecem o perfil de fermentação desejável, como teores adequados de matéria seca (30% a 35%), teor de carboidratos solúveis maior que 5% e poder tampão menor que 20 e.mg de NaOH/100 g de MS (FERNANDES et al., 2009).

2.3. Aditivos utilizados na silagem

O objetivo principal na produção de silagem é a manutenção da qualidade original da cultura preservada, o máximo possível. Para este fim, conforme Wilkison e Davies (2012), os aditivos têm sido utilizados durante várias décadas como forma de direcionar o processo fermentativo para a produção de ácido lático como principal produto de fermentação.

Para a garantia de uma boa sanidade animal e crescimento, é fundamental a produção de alimento com valor nutritivo e com qualidade microbiológica. Sendo assim, aditivos quando adicionados à silagem, são produtos naturais ou industriais utilizados em forragens ou grãos (Yitbarek e Tamir, 2014). Ainda segundo os autores, o uso destes compostos tem como efeito a possível melhoria na qualidade da silagem (aumento no teor nutricional) e o desempenho do animal (leite [quantidade e / ou composição], o ganho, a condição corporal, reprodução), ou redução no aquecimento e produção de mofo durante o armazenamento e retirada do silo.

Diversos aditivos têm sido utilizados em silagens provenientes de várias forrageiras, apresentando resultados variáveis (FREITAS et al., 2006). Modificações no desenvolvimento da fermentação de silagens devido ao uso de aditivos podem alterar a composição final da forragem e interferir no consumo de matéria seca, bem como na digestibilidade de nutrientes. Segundo Lima e Evangelista (2001), aditivos são substâncias que quando acrescidas no material no momento da ensilagem tem como intuito melhorar o padrão fermentativo do material ensilado, e, portanto, o valor nutritivo.

Dentre as funções de cada aditivo, é relevante destacar a importância de promover fermentação desejável e/ou ação inibitória na fermentação indesejável da massa ensilada (NEUMANN et al., 2010). Segundo Henderson (1993), o aditivo considerado ideal para ser aplicado é aquele que pode ser utilizado de forma segura no manuseio, contribui na

diminuição das perdas de matéria seca (MS), melhora a qualidade higiênica da silagem. Além disso, segundo os autores, consegue restringir fermentações secundárias em virtude de atuar sobre enterobactérias, leveduras, mofos, listeria e clostrídios, melhora o valor nutritivo e a estabilidade aeróbica, além de resultar em uma maior viabilidade econômica na produção animal em relação ao custo devido ao uso do aditivo.

Apesar de todas as vantagens acima descritas, Schmidt et al. (2014) ressaltaram que dificilmente todas essas características serão encontradas em um único aditivo. E, embora exista uma grande disponibilidade de informações relativas ao uso destes compostos em silagens, os autores acima mencionados enfatizaram que muitos erros ainda são cometidos na escolha de um aditivo para uso a campo, ou mesmo no desenho de experimentos científicos. Portanto, o conhecimento sobre as características peculiares de cada planta forrageira, assim como o modo de ação de cada aditivo, é imprescindível para que sejam avaliados os possíveis benefícios decorrentes da aplicação dos mesmos.

De acordo com McDonald et al. (1991), os aditivos para silagem podem ser classificados em cinco categorias principais: estimulantes da fermentação, que agem por meio da adição de culturas bacterianas ou fontes de carboidratos; inibidores da fermentação, que agem inibindo parcial ou totalmente a fermentação; inibidores da deterioração aeróbica, que agem principalmente controlando a deterioração da silagem em exposição ao ar; nutrientes, que são adicionados no material para melhorar o valor nutricional da silagem, e absorventes, que são adicionados principalmente nas forragens com baixo teor de matéria seca para reduzir perdas de nutrientes por efluentes e diminuir a poluição ambiental. Ainda segundo os autores, alguns produtos se enquadram em mais de uma categoria, como o caso da ureia que é classificada como inibidor de microrganismos indesejáveis, principalmente leveduras e como aditivo nutriente, assim como a amônia, cal e outros minerais.

2.4. Mecanismo de ação da ureia no processo de ensilagem

Aditivos constituídos de nitrogênio não-proteico, a exemplo da ureia, segundo Evangelista e Lima (1999) são utilizados nas silagens que apresentam baixo teor de proteína bruta resultando no incremento do valor nutricional da forragem ensilada atuando também na conservação da silagem. Seu uso na silagem está associado com o efeito direto na transformação da ureia em amônia, a qual reage com água, com consequente produção de hidróxido de amônio (NH_4OH) ocasionando aumento no pH e

agindo no desenvolvimento de microrganismos indesejáveis que se multiplicam em pH ácido, sobretudo as leveduras (KUNG Jr. et al., 2003). Dessa forma, a ureia possibilita um melhor controle do pH da silagem impedindo a rápida redução do pH e desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como fungos filamentosos e leveduras, em decorrência da sua atividade antimicrobiana (NEUMANN et al., 2010).

Aditivos nutrientes como a ureia (Woolford, 1984), têm sido utilizados na ensilagem, uma vez que a amônia liberada pela hidrólise da ureia pode alterar o perfil de fermentação da silagem e reduzir as perdas de nutrientes, além de ter efeito benéfico sobre a composição bromatológica e a digestibilidade da silagem, com consequente potencial para melhoria do valor nutritivo do produto final. Segundo Sundstol (1984), a ureia, na presença da enzima urease, e em contato com a água, transforma-se em hidróxido de amônio. Essa substância apresenta em sua constituição 29 a 30% de amônia, conseqüentemente, silagens tratadas com ureia têm teor de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) superior ao das silagens não - tratadas com esse aditivo.

Corroborando o que foi descrito, Lopes et al. (2007) e Fernandes et al. (2009), mencionaram que a produção de hidróxido de amônio age solubilizando os constituintes da parede celular, principalmente hemicelulose, conseqüentemente há redução do teor de fibra insolúvel em detergente neutro. Dessa forma, o uso de aditivos alcalinos em volumosos tem o objetivo de melhorar a hidrólise da fibra por meio da solubilização parcial da hemicelulose, associada a expansão e ruptura das moléculas de celulose, aumentando a disposição dos nutrientes (JACKSON, 1997; KLOPFENSTEIN, 1978), podendo favorecer assim a digestão do alimento.

A ureia atua através de alterações da parede celular ou do aumento do nitrogênio total, resultando em elevação da digestibilidade e do consumo dos animais (Rosa e Fadel, 2001). Além de sua ação fungistática, a ureia atua sobre a fração fibrosa da forragem, solubilizando a hemicelulose e aumentando a disponibilidade de substratos prontamente fermentecíveis para os microrganismos do rúmen. Além dos aspectos reportados, é importante ressaltar a incorporação de nitrogênio não-proteico na forragem submetida à amonização, resultando em incremento na digestibilidade e consumo de MS pelos animais (Rotz, 1995). Contudo, a eficiência da utilização da ureia na ensilagem depende de fatores como a dose aplicada e o período de armazenamento do alimento (PAIVA et al., 1995; GARCIA & PIRES, 1998; FADEL et al., 2003).

O milho e o sorgo quando atingem o ponto ideal de corte para ensilagem, apresentam geralmente 30-35% de matéria seca e níveis de carboidratos solúveis suficientes para proporcionar fermentação adequada. Contudo, essas espécies apresentam teores de proteína bruta relativamente baixos. Logo, o objetivo da adição de ureia a essas espécies, no momento da ensilagem, também pode ser utilizada com o intuito de melhorar o valor nutritivo da silagem. Quanto às práticas de aplicação, é recomendado o uso de 5 a 10 kg de ureia por tonelada de forragem (0,5 a 1,0%) sendo imprescindível uma distribuição homogênea para evitar problemas de intoxicação aos animais.

Simultaneamente, ocorrem dois processos dentro da massa da forragem tratada com ureia: a ureólise, a qual transforma a ureia em amônia, sendo que esta, subsequentemente, gera os efeitos nas paredes da célula da forragem (Garcia & Pires, 1998). A ureólise é uma reação enzimática que requer a presença da enzima “urease” no meio. A urease é praticamente ausente nas palhas ou material morto, como por exemplo, os capins secos. De acordo com Willians et al.(1984), a urease produzida pelas bactérias “ureolíticas”, durante o tratamento de resíduos, tais como as palhadas, é suficiente, pelo menos em determinadas condições onde a umidade não é limitante. Somente em casos específicos de forragens muito secas, e que não possam ser umedecidas, a adição de urease seria necessária. A umidade e a temperatura, e suas interações, devem favorecer a atividade da bactéria e de sua enzima. Duas teorias procuram explicar o efeito da amônia sobre a parede celular das forragens.

A primeira proposta por Tarkow & Feist (1969), denominada de “amoniólise”, baseia-se na reação entre a amônia e um éster, produzindo uma amida. As ligações ésteres entre a hemicelulose e a lignina com grupos de carboidratos são rompidas com a consequente formação de amida. A segunda teoria proposta por Buettner et al. (1982), baseia-se na característica da amônia em apresentar alta afinidade com a água, resultando na formação de uma base fraca, o hidróxido de amônio (NH_4OH), durante o tratamento de material úmido com esse composto. No processo, ocorre hidrólise alcalina resultante da reação do hidróxido de amônio com as ligações ésteres entre os carboidratos estruturais. No processo de amonização, a base fraca forma-se por meio de reação exotérmica que pode ser constatada pelo aumento da temperatura na forragem em tratamento (KNAPP et al., 1975; SUNDSTOL et al., 1978; URIAS et al., 1984).

Dentre os benefícios descritos sobre o uso de ureia é possível citar o baixo custo unitário por proteína (contendo entre 42 e 45% de N), como aditivo de silagem, facilidade de obtenção, gestão na aplicação deste produto e na produção de amônia (NH₃) na presença de urease, que é a enzima responsável por catalisar a hidrólise da ureia em dióxido de carbono e amoníaco, em virtude da transformação parcial da ureia em amônia na fermentação da silagem (MATOS, 2008; FREITAS et al., 2002). A amônia possui ação antimicrobiana, atuando de forma inibitória sobre o desenvolvimento de leveduras e bolores, o que conseqüentemente reduz a produção de etanol (ou álcool etílico, CH₃CH₂OH), promovendo menores perdas na matéria seca e carboidratos solúveis (Schmidt, 2006), além de possibilitar a estabilização da massa ensilada estimulando a fermentação láctica.

Estudos conduzidos por Rosa et al. (1998) e por Reis et al. (2002) mostraram que a retenção de nitrogênio a partir da aplicação da ureia, esteve diretamente ligado a atividade da urease que transformou o produto em amônia, e a quantidade de água disponível para retenção na forma de hidróxido de amônio. De acordo com Sundstol & Coxworth (1984), após a hidrólise da ureia em amônia dentro dos silos, a principal forma de retenção do nitrogênio é o hidróxido de amônio, estando a formação deste composto relacionada à presença de umidade da forragem, bem como da atividade da urease (SAHNOUNE et al., 1991, ROTH et al., 2010).

Os menores teores de componentes da fração fibrosa das silagens tratadas, provavelmente estão associados a maior preservação do conteúdo celular, o que promove a diluição dos componentes da parede celular (Reis et al., 2002; Sollenberger et al., 2003).

2.5. Efeito da ensilagem do sorgo com ureia sobre a qualidade da silagem e desempenho de ruminantes

O sorgo embora apresente valor nutritivo satisfatório para ser utilizada na produção de silagem, possui elevada concentração de carboidratos solúveis que podem facilitar a multiplicação de leveduras e fungos filamentosos, ocasionando elevadas perdas no processo fermentativo. Diferentes pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de minimizar as perdas durante a ensilagem. Dentre estas alternativas é possível mencionar a utilização de aditivos, como a ureia na produção de silagem de sorgo, assim como na silagem de milho e cana-de-açúcar vem sendo avaliado ao longo dos anos. A utilização

da ureia como aditivo químico em silagens que apresentem alta concentração de carboidratos solúveis, segundo descrito por Neumann et al. (2010), em proporções adequadas, pode promover menores perdas fermentativas e efeito tóxico à população de leveduras e mofos.

Neste contexto, foi realizado um levantamento bibliográfico a respeito do uso da ureia como aditivo químico em silagem de sorgo, levando-se em consideração artigos publicados tanto em periódicos científicos nacionais, como também internacionais sendo constatado que grande parte deles foram relacionado à qualidade e valor nutritivo do material ensilado, e em menor proporção foi investigado seu efeito no desempenho animal, como serão melhor detalhados posteriormente. Além disso, foram incluídos nesta revisão dados ainda não publicados (1 tese), e resumos científicos publicados em congressos realizados no Brasil ao longo dos anos (Figura 1). Assim, foram selecionados 23 trabalhos publicados até o ano de 2017, os quais avaliaram tanto os efeitos da ureia na qualidade e valor nutritivo da silagem de sorgo, como também o impacto do fornecimento deste volumoso no desempenho produtivo de ruminantes.

Do total de trabalhos desenvolvidos, 5 analisaram o uso da ureia de forma isolada como aditivo na silagem de sorgo (Cullison, 1944; Davis, 1944; Singh et al., 1996; Fernandes et al., 2009; Santos, 2014). Neste caso, as doses de ureia frequentemente utilizadas variaram entre 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 4,0; 4,54; 5,0; 7,5; 13,60 a 22,68 % com base na matéria natural ou com base na matéria seca.

O sorgo forrageiro, assim como o milho apresentam elevado conteúdo de fibra e amido, porém baixo teor de proteína (NRC, 2001; CONTRERAS-GOVEA et al., 2011). Diante disso, torna-se necessária a suplementação proteica deste volumoso de modo que seja atingido os requerimentos produtivos dos animais. Como corroborado por Neumann et al.(2010) ambas as forrageiras apresentam baixo conteúdo proteico quando ensiladas com nível de matéria seca entre 30 e 35%. Sendo assim, a adição de ureia em ambas as silagens propicia o aumento no valor nutritivo da silagem. Ainda, como mencionado pelos autores, no que diz respeito às doses de ureia a serem aplicadas é recomendada a utilização de 5 a 10 kg desta para cada tonelada de massa fresca, sendo importante uma distribuição homogênea durante a aplicação. Apesar disso, embora a ureia propicie incremento nos compostos nitrogenados e favoreça o desenvolvimento dos microrganismos ruminais, existe a necessidade de que estes animais sejam

gradativamente adaptados a silagem tratadas com ureia, a fim de evitar problemas com intoxicação.

Dentre o total de 14 trabalhos realizados, além da avaliação da ensilagem do sorgo com uso exclusivo da ureia, foi analisada a comparação com outros aditivos que compreenderam 5 estudos com melaço (Singh e Pandit, 1978; Hinds et al., 1985; Hinds, 1992; Demirel et al., 2004; Keskin et al., 2005); Guney et al., 2007; Naeni et al., 2014), 1 trabalho com palhada de trigo (Singh e Pandit, 1983); 1 trabalho com fermentol (Janick, 1984); 1 trabalho com calcário (Bolsen et al., 1985); 1 trabalho com ácido acético e propanóico (Guo et al., 2010) e, 3 trabalhos com carbonato de cálcio (VIEIRA et al., 2004; PEREIRA et al., 2007; 2008). Além do uso de aditivos químicos, foram avaliados os efeitos da utilização da ureia de forma isolada ou em combinação com inoculante bacteriano na ensilagem do sorgo (HINDS et al., 1985; BOLSEN et al., 1992; PEREIRA et al., 2007; 2008).

Tabela 1 – Compilação de trabalhos científicos nacionais e internacionais avaliando o efeito da adição de ureia no valor nutritivo, perfil e perdas fermentativas e estabilidade aeróbica da silagem de sorgo.

Autores	(Doses de ureia utilizadas)	Principais resultados e conclusões obtidas
Cullison (1944)	4,5359 kg de ureia / tonelada	A adição de ureia resultou em tempo de fermentação normal da silagem e a produção de silagem com um maior teor de caroteno. Incremento na palatabilidade e alimentação em comparação à silagem feita somente com sorgo sem ureia.
Singh e Pandit (1978)	<p>Ureia :</p> <ul style="list-style-type: none"> • controle: sem aditivo • 5 g/kg • 1,0% <p>Melaço:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Controle: sem aditivo • 1,0% 	<p>A adição de ureia e melaço não promoveu fermentação desejável.</p> <p>Inclusão de 5 g/kg de ureia ou 1% de melaço possibilitou fermentação desejada. Níveis de ureia: aumento dos valores de pH, independentemente da presença de melaço. No entanto, com os níveis crescentes de ureia, houve aumento no teor de ácido láctico na ausência de melaço, enquanto que o ácido butírico aumentou na sua presença.</p> <p>A qualidade de fermentação foi melhor para a silagem preparada sem aditivos e somente com melaço, mas foi muito pobre quando foi adicionada ureia com melaço.</p>

		<p>A qualidade das silagens sem ureia e sem melaço; sem ureia com 1,0% de melaço; com 1,0% de melaço e sem ureia silagem foram mantidas até ao fim do experimento, ao passo que a silagem sem melaço e 1,0% de ureia deterioraram durante a última parte do período de armazenamento.</p> <p>Valores mais elevados de pH e níveis de N-amoniaco associados a populações de bactérias proteolíticas anaeróbicas mais elevadas em silagens de <i>Sorghum bicolor</i>.</p> <p>Variação dos níveis de matéria seca e de proteína bruta de 29,56-33,46%, e 7,16-12,63%, respectivamente.</p> <p>A adição de ureia ou ureia + melaço: resultou em incremento no teor de proteína bruta e do teor de MS mas redução do teor de FDN de todas as silagens. Os valores de pH das silagens variaram de 4.08 e 4.71, e a adição de ureia e ureia + melaço aumentaram o valor de pH da silagem.</p> <p>A inclusão de ureia (0,5%) aumentou o conteúdo de proteína bruta em relação ao tratamento testemunha sem aditivo.</p> <p>Os conteúdos de FDN foram superiores na silagem com adição de 5 g/kg de ureia ou ureia associada com carbonato de cálcio em comparação à silagem controle</p> <p>Efeito negativo da ureia no desenvolvimento e ação de bactérias degradadoras da porção fibrosa da forragem (bactéria fibrolítica).</p> <p>A adição de 5g/kg de ureia à silagem de sorgo não teve efeito sobre a concentração de ácido propiônico e 5g/kg de ureia ou 5 g/kg de ureia mais 40 g/kg de melaço aumentaram a concentração de ácido butírico.</p> <p>A adição de ureia diminuiu as digestibilidades da matéria orgânica e conteúdos de energia metabólica das silagens, e não afetou de forma negativa a qualidade da fermentação.</p> <p>É possível produzir silagens de alta qualidade com todos os aditivos e que a adição de 0,5% de ureia + 5% de melaço nas silagens, de forma única ou em conjunto,</p>
Singh et al. (1996)	<ul style="list-style-type: none"> • 5 g/kg de ureia 	
Demirel et al. (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • 5 g/kg de ureia • 5 g/kg de ureia + 4% de melaço 	
Vieira et al. (2004)	<ul style="list-style-type: none"> • 5 g/kg de ureia • 5 g/kg de carbonato de cálcio (CaCO₃) • 5 g/kg de ureia + 5 g/kg de CaCO₃ • inoculante bacteriano 	
Keskin et al. (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • 5 g/kg de ureia • 5g/kg de ureia + 40 g/kg de melaço 	
Guney et al. (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Sem aditivo • 5, 10, 15% de melaço • 0,5; 1,0; 1,5% de ureia • 0,5 % ureia + 5% de melaço • 1% de ureia + 5% melaço • 1,5% de ureia + 5% melaço 	

Pereira et al. (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • 5 g/kg de ureia + 15% melaço • 1% de ureia + 15% melaço • 1,5% de ureia + 15% melaço • Controle: sem aditivo • 5 g/kg de ureia • 5 g/kg de carbonato de cálcio • 5 g/kg de ureia + 5 g/kg de carbonato de cálcio + inoculante bacteriano 	<p>sendo verificadas melhores silagens em termos de critério de qualidade fermentativa, digestibilidade de matéria orgânica e conteúdos de energia metabólica.</p> <p>O uso da ureia como aditivo contribui elevando os teores médios de pH, o conteúdo de nitrogênio amoniacal/nitrogênio total, ocasionando também incremento nos teores de proteína bruta da silagem de sorgo.</p>
Pereira et al. (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Controle: sem aditivo • 5 g/kg de ureia • 5 g/kg de carbonato de cálcio • 5 g/kg de ureia + 5 g/kg de carbonato de cálcio • inoculante bacteriano <p>avaliados em diferentes dias de abertura : 1 a 56 dias</p>	<p>Pouco efeito dos aditivos no perfil de fermentação das silagens. O uso da ureia ou ureia com carbonato de cálcio resultou em aumento do pH e do nitrogênio amoniacal.</p> <p>A adição de carbonato de cálcio e ureia, separados ou juntos, acarretou elevação dos valores médios de pH das silagens. A adição de ureia promoveu elevados valores de N-NH₃/NT e elevação nos teores de PB das silagens.</p> <p>As silagens tratadas com a associação entre ureia e carbonato de cálcio apresentaram as maiores perdas de MS.</p> <p>Os aditivos não promoveram alterações nos teores de FDN, hemicelulose e celulose e na DIVMS. Contudo, houve diferença entre a silagem testemunha e as silagens com aditivo, com a evolução do processo fermentativo, quanto aos teores de FDA e lignina.</p> <p>Ausência de efeito dos aditivos sobre as frações fibrosas, perda de matéria seca e digestibilidade <i>in vitro</i> da matéria seca das silagens.</p>
Guo et al. (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • 5 g/kg de ureia • 0,3% de ácido acético • 0,3% de ácido propanoico 	<p>A ureia aumentou significativamente os conteúdos de proteína bruta e ácido láctico exercendo efeito benéfico sobre o perfil fermentativo.</p>
Fernandes et al. (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Controle: sem aditivo • 2,5 • 5,0 • 7,5% - base MS 	<p>A adição de ureia na ensilagem de sorgo melhorou o valor nutritivo da silagem causando efeito linear negativo sobre FDN, FDA, celulose e lignina; efeito quadrático sobre o nitrogênio amoniacal (N-NH₃) e efeito linear positivo sobre o pH.</p>

2 períodos de A adição de ureia na ensilagem de sorgo armazenamento (30 e 60 não afetou o perfil de fermentação na dias) ensilagem.

Como mencionado previamente, embora exista uma quantidade de trabalhos científicos realizados desde o ano de 1944 até 2017 avaliando o efeito da ureia na qualidade da silagem de sorgo, somente um pequeno número de trabalhos analisou o impacto do uso deste aditivo no desempenho produtivo de ruminantes (Davis, 1944; Eli et al., 1978; Singh e Pandit, 1983; Hinds et al., 1985; Janick, 1984; Bolsen et al. (1992, 1985) e Santos (2016a, 2016b), os quais serão melhor descritos no quadro abaixo.

Tabela 2 – Compilação de trabalhos científicos nacionais e internacionais avaliando o efeito da ensilagem do sorgo com níveis de ureia no desempenho produtivo de ruminantes

Autores	(Doses de ureia utilizadas)	Principais resultados e conclusões obtidas
Davis (1944)	4,54 kg, 13,61 kg e 22,68kg por tonelada de silagem	Silagem tratada com 4,54 kg de ureia foi satisfatória, enquanto que aquelas tratadas com 22,68 kg foi rejeitada. O tratamento com 13,61kg de ureia possibilitou aceitabilidade intermediária.
Eli et al. (1978)		Silagens de sorgo tratadas com ureia apresentaram pequenos mas consistentes incrementos no ganho diário, produção de leite, e eficiência alimentar. A retenção do nitrogênio foi 95% maior para silagens tratadas com ureia, mas somente 50-75% para aquelas submetidas a tratamento com amônia.
Singh e Pandit (1983)	Controle: sem aditivo 5 g/kg de ureia (MN) palhada de trigo	Com base nos produtos de fermentação as três silagens podem ser classificadas como silagens 'boas' para 'muito boas'. A palatabilidade destas silagens foi relativamente melhor do que a silagem testemunha. A silagem de sorgo sem ureia aparentou ter sido mais consumida e melhor utilizada do que a silagem de sorgo que houve incorporação de ureia.
Bolsen et al. (1992)	3,5 – 4,0 kg de ureia / tonelada	Amônia anidra adicionada em um nível de 3,5-4,0 kg/tonelada ou ureia em uma quantidade de 5,0 kg por tonelada, (com base na matéria natural) resultaram em aumento no valor de pH, conteúdos de ácido láctico e acético, e perda de MS tanto na silagem de milho e sorgo.
Bolsen et al. (1985)	Controle (sem aditivo)	Adição de calcário ou ureia na silagem de sorgo aumentou o teor de ácido láctico e acético em

Ureia (4.54 kg /tonelada de MV)	comparação com a silagem não-tratada. A ureia também aumentou a temperatura da ensilagem
Calcário (6.80 /tonelada de MV)	aumentou e perda de MS no silo.

Embora bezerros alimentados com as três silagens tenham apresentado desempenho semelhante, aqueles alimentados com a silagem tratada com ureia apresentaram o maior consumo, mas a pior conversão alimentar. Não houveram melhorias aparentes na conservação de silagem ou valor nutritivo tanto no tratamento com ureia ou calcário.

2.6. Impacto da deterioração aeróbica no valor nutritivo e no desempenho produtivo em animais alimentados com silagem

Após a silagem ter passado pelas diferentes fases de confecção: aeróbica, *lag phase*, fermentação e estabilidade, tem-se o início da fase de abertura (deterioração aeróbica). No momento em que a fermentação é concluída, e ocorre a exposição ao oxigênio durante a fase de “*feed out*” ou armazenamento devido a presença de orifícios na lona ou nos sacos onde as silagens estão acondicionadas, ou por causa de uma inadequada embalagem, acontece o aquecimento dentro do silo.

Reis et al. (2013), ressaltaram que o caminho e a extensão que a silagem sofre deterioração após ser exposta ao oxigênio encontra-se dependente da associação entre as bactérias e fungos (do tipo leveduras e fungos filamentosos) que já estão presentes na cultura. Além disso, as características físicas e químicas do alimento, fatores ambientes e a forma de confecção da silagem também exercem efeito importante. Essa fase, segundo Nishino et al. (2002), está associada com perdas de nutrientes e é portanto definida como deterioração aeróbica, onde tipicamente são verificados um ou dois picos de temperatura atribuídos à atividade de leveduras e fungos filamentosos e, em menor extensão por vezes, por algumas bactérias.

Especificamente, as leveduras que degradam o ácido láctico na presença de ar são os primeiros microrganismos que provocam a deterioração nas silagens, porém também há participação de fungos filamentosos, que catabolizam os ácidos láctico e propiônico e açúcares. Dentre elas, merece destaque aquelas leveduras pertencentes aos gêneros que utilizam ácidos orgânicos convertendo em dióxido de carbono e água, a exemplo da *Candida*, *Endomycopsis*, *Hansenula* e *Pichia*, enquanto os utilizadores de açúcar são,

principalmente, espécies de *Torulopsis* e *Saccharomyces* sp. também propiciam perdas significativas de matéria seca.

Como ressaltado por McDonald et al. (1991), de modo que seja produzida uma silagem de boa qualidade é preconizado que no material ensilado a rota fermentativa seja realizada pela via homolática caracterizada pela produção de duas moléculas de ácido láctico, proveniente de uma molécula de glicose. Embora seja conhecido que essa via tenha como principais vantagens a ausência de perdas de matéria seca ou energia, o tipo de ácido produzido não impede que aconteçam perdas após a exposição dos silos ao oxigênio (KUNG JR. et al., 2003). Situações em que as silagens são submetidas à adequada fermentação estão comumente relacionadas com altas concentrações de ácido láctico e açúcares remanescentes (WEINBERG e MUCK, 1996). Logo, estes compostos tem potencial de influenciarem na deterioração aeróbica da silagem, em virtude de servirem como substrato para as leveduras (PAHLOW et al., 2003), que são os principais microrganismos que iniciam o processo de deterioração do material ensilado, juntamente com bactérias aeróbicas.

Conforme mencionado anteriormente, a assimilação aeróbica de lactato na silagem, e conseqüentemente sua degradação faz com que haja aumento do pH a um nível que permite que as bactérias oportunistas e fungos filamentosos (por exemplo, *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*) cresçam e conseqüentemente seja reduzida ainda mais a qualidade da silagem (McDONALD et al., 1991).

A exposição ao ar é o primeiro passo do efeito em cascata que promove uma reação em cadeia resultando na produção de silagem com qualidade inadequada quando apresenta substratos favoráveis para a reativação e consumo pelos microrganismos deterioradores (KUNG JR. et al., 2010). Sendo assim, ainda conforme os autores, após esse período de exposição ao oxigênio, leveduras latentes que degradam ácido láctico são reativadas, e realizam a degradação deste ácido com conseqüente produção de dióxido de carbono e água, e produção de calor, como descrito: $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + \text{calor}$.

Dessa forma, há aumento do número de leveduras na massa ensilada, associado ao consumo de nutrientes altamente degradáveis. A deterioração aeróbica, de acordo com Woolford (1984) pode não ser acompanhada por um processo de aquecimento, principalmente em silagens com alto teor de umidade, em que esta atuará como atenuante

de calor. Todavia, esse problema encontra-se relacionado com as perdas de ácidos de fermentação, proteínas e carboidratos. Além disso, há produção de calor e aumento da temperatura interna da silagem. Ainda segundo o autor, com a degradação do ácido láctico, acontece o aumento do pH da silagem a um nível que propicie o desenvolvimento de bactérias aeróbicas oportunistas. Sendo assim, em virtude da reativação desses microrganismos há ainda uma maior redução da qualidade sendo verificado uma maior produção de calor, acelerando a respiração e, portanto, degradação massiva da silagem.

Conforme Muck et al. (2003), em situações onde são verificadas temperaturas muito elevadas, existe a possibilidade de ocorrer a formação de produtos de Maillard, resultando em menor digestibilidade da fração proteica. Segundo McDonald et al. (1991), o primeiro pico de aumento da temperatura está associado com o desenvolvimento de leveduras e bactérias ácido acéticas e, a segunda elevação, é um reflexo do desenvolvimento de fungos.

Embora comumente fosse descrito que as bactérias não desempenham crucial na deterioração da silagem, segundo McDonald et al. (1991), essa importância não se trata somente um papel secundário nesse processo, pois exercem uma função muito importante nessa deterioração. Existem evidências de que a principal bactéria envolvida na deterioração aeróbica das silagens é pertencente ao gênero *Bacillus*, contudo tem sido observado crescimento de algumas bactérias ácido lácticas. Isso pode ser atribuído ao fato de que os bacilos têm pequena oportunidade de crescer inicialmente em uma silagem convencionalmente fermentada, especialmente se o pH for menor que 5, pois esses microrganismos, assim como os clostrídeos, são intolerantes à acidez, em relação a outros microrganismos que fazem parte da microflora da silagem. Por outro lado, na silagem podem ocorrer micro ambientes onde o pH se encontra mais elevado para permitir o crescimento desses microrganismos (WOOLFORD, 1984).

Além disso, é possível mencionar a participação das bactérias ácido acéticas na deterioração aeróbica das silagens, pois são capazes de oxidar lactato e acetato a CO₂ e água (OUDE ELFERINK et al., 2001). Ainda segundo os autores, essas bactérias são aeróbicas obrigatórias e tem capacidade de tolerância às condições ácidas, encontrando, na silagem, um ambiente favorável ao seu desenvolvimento.

Além disso, Spoelstra et al. (1988) mostraram o papel de bactérias do gênero *Acetobactor* no aparecimento da deterioração aeróbica de silagens de milho. Estes

microrganismos, segundo os autores, apresentam a capacidade de oxidar a etanol e ácido acético adicional, degradando ácidos láctico e acético em dióxido de carbono e água, que também estão associados com a deterioração na silagem.

Jobim e Gonçalves (2003) também mencionaram a participação das enterobactérias e a listéria (*Listeria monocytogenes*) também nesse processo de deterioração aeróbica das silagens, que possivelmente podem estar associados aos problemas sanitários em animais e no homem.

Como conceituado e descrito por Reis et al. (2013), uma das principais formas de mensuração e avaliação da estabilidade aeróbica das silagens se dá através do monitoramento da temperatura dessa massa, a qual é submetida a períodos de exposição ao ar atmosférico, comumente em ambientes com temperatura controlada. Portanto, é verificado o tempo em que a massa leva para atingir de 2 ou 5°C acima da temperatura ambiental, sendo a diferença de tempo desde o início da exposição ao oxigênio até o começo da deterioração.

A estabilidade aeróbica da silagem, como mencionado por Jobim et al. (2007) é determinada pela oxidação de substrato que ocorre após a abertura do silo, sendo os principais substratos utilizados os ácidos, o etanol e os açúcares solúveis, ocasionando no acréscimo do pH e diminuição na digestibilidade e no conteúdo de energia. De acordo com Pitt et al. (1991) e Phillip e Fellner (1992), parâmetros como temperatura, concentração de carboidratos solúveis, população de fungos e a concentração de ácidos orgânicos em interação com o pH são os que mais afetam a estabilidade das silagens. Assim, o incremento na temperatura e no pH após a exposição da silagem ao ar, associada à queda no teor de carboidratos solúveis e reduzida concentração de ácido láctico são relevantes aspectos que indicam a deterioração da massa ensilada.

Como descrito anteriormente, após a exposição da silagem ao ar é desencadeada a proliferação de microrganismos oportunistas, como leveduras, fungos e bactérias aeróbicas (LINDGREN et al., 1985). Segundo os autores, esses microrganismos têm a capacidade de se desenvolverem utilizando substâncias energéticas presentes na forragem tais como açúcares residuais, ácido láctico, ácido acético e etanol que são utilizados como substratos para a oxidação resultando no consumo destes nutrientes, que, por sua vez, promove perdas no valor nutritivo do material ensilado. Além disso, é descrito devido à mudança na composição química da silagem, uma conseqüente redução na matéria seca.

Em virtude da deterioração aeróbica da silagem, são descritos a formação de produtos finais indesejáveis que podem promover a alteração no odor, sabor, e aceitabilidade da silagem. Conseqüentemente isso acarreta efeito sobre o desempenho produtivo, assim como no sistema imunológico dos animais devido à proliferação de microrganismos potencialmente patogênicos com capacidade de produção de toxinas (DRIEHUIS e OUDE ELFERINK, 2000).

Ao longo do período de ensilagem, como também na fase de exposição aeróbica ao oxigênio durante o fornecimento, é descrito que há perda no conteúdo de matéria seca e demais nutrientes do material. Como enfatizado por Wilkinson e Davies (2013), durante a fase de “feed-out”, acontecem modificações nas silagens, que apresentam importância elevada tanto quanto na fase de armazenamento anaeróbica.

Ainda conforme Wilkinson e Davies (2012) a preservação dos nutrientes de uma forrageira tem início no momento da sua colheita e é concluída quando ela é consumida pelo animal. Assim, embora boa parte dos esforços tenham sido comumente destinado para a segunda e terceira fase, como na busca de estimulantes e/ou inibidores da fermentação, nos últimos anos têm se reconhecido que a fase de pós-abertura (desabastecimento) é tão relevante quanto às demais, no tocante quando são levados em consideração a preservação de nutrientes e a qualidade higiênica da silagem para os animais. Isso pode ser justificado pelo fato da atividade de organismos de deterioração aeróbica poder conduzir à alterações na composição dos compostos voláteis e, por conseguinte, afetar a qualidade da fermentação, comprometendo a aceitabilidade pelo animal.

Embora tenha sido descrito por Huhtanen et al. (2002), que a variação na qualidade de fermentação afetou o consumo voluntário em bovinos, conforme o autor é difícil atribuir mudanças no consumo de matéria seca somente a um único produto de fermentação, pois alguns destes ácidos são fortemente inter-relacionados (por exemplo, etanol e os ésteres etílicos e lactato (WEISS e AUERBACH, 2012).

Corroborando o que foi mencionado, o efeito da exposição da silagem ao oxigênio e o efeito no desempenho animal foi comprovado em estudo conduzido por Gerlach et al. (2012), avaliando a silagem de milho submetida a estabilidade aeróbica. Neste estudo os autores demonstraram que fortes mudanças relacionadas aos produtos da fermentação da silagem aconteceram durante 8 dias de exposição aeróbica do material. Entre estas

modificações os autores citaram aumento na concentração de matéria seca, pH, contagens de leveduras, mofos e bactérias mesofílicas aeróbicas durante esse período. A instabilidade aeróbica da silagem foi comprovada pelo aumento da temperatura da silagem acima da temperatura ambiente. Além das modificações na qualidade da silagem, houve também comprometimento do desempenho animal, com 57% de redução do consumo de matéria seca e preferência alimentar em caprinos.

Os impactos negativos do fornecimento de silagem deteriorada sobre a digestibilidade e ingestão em bovinos foram avaliados por Bolsen et al. (2002). As dietas fornecidas aos animais foram constituídas de 90% de silagem de milho e 10% de concentrado, sendo avaliados como tratamentos compostos com diferentes níveis de silagens deterioradas. Embora não seja um estudo recente, ressalta-se a relevância do trabalho desenvolvido uma vez que permitiu avaliar o efeito da silagem deteriorada, e portanto seus produtos sobre a ingestão e metabolismo dos animais. A partir dos resultados verificados foi possível constatar a redução do consumo de matéria seca, em cerca de 17%, bem como das digestibilidades da matéria orgânica, proteína bruta e FDN em 10, 15 e 16% respectivamente, em comparação aos animais alimentados com dietas contendo 100% de silagem sem deterioração.

Diante dos resultados obtidos, é possível inferir que a silagem deteriorada possivelmente sofreu degradação pelos microrganismos aeróbios ocasionando em diminuição do consumo, e conseqüentemente do desempenho produtivo dos animais, seja no ganho de peso ou produção de leite e carne. Comumente os microrganismos deterioradores podem estar associados à perda da qualidade da silagem, pois utilizam desde os carboidratos solúveis como também compostos nitrogenados e vitaminas desta forragem conservada. Logo, ocorre decréscimo no conteúdo celular, e incremento da porção da parede celular promovendo redução no valor nutritivo.

De maneira geral o consumo das silagens, conforme Charmley (2001) é inferior ao consumo da forragem original, a qual não foi submetida ao processo de fermentação. Como ressaltado por Van Soest (1994), três hipóteses pode estar associadas ao baixo consumo de silagens: presença de substâncias tóxicas, como amins produzidas durante o processo de fermentação; alto conteúdo de ácidos nas silagens extensivamente fermentadas, causando redução na aceitabilidade ou ainda, devido à redução na

concentração de carboidratos solúveis e, portanto na disponibilidade de energia para o crescimento de microrganismos do rúmen.

Levando em consideração o exposto, e com base nos resultados obtidos por Bolsen et al. (2002), possivelmente o menor consumo pelos animais ao ingerirem silagens deterioradas pode ser atribuído à uma baixa aceitabilidade associada ao decréscimo na taxa de passagem ruminal. Além disso, outro fato que deve ter ocorrido foi o desbalanceamento no suprimento de nitrogênio e energia a nível do rúmen, comprometendo a síntese de proteína microbiana.

Tal comportamento é corroborado com o que foi descrito por Poppi et al. (1995, 1997), pois com o aumento na fração de nitrogênio solúvel, notadamente de amônia, pode ocorrer interferência nas relações nitrogênio disponível e matéria orgânica digestível para otimizar a síntese de proteína microbiana. Já silagens com inadequada conservação ou deterioradas, ainda existe a possibilidade dessa fonte de nitrogênio se apresentar na forma de nitrogênio indigestível em detergente ácido (NIDA), a qual apresenta baixa eficiência de utilização pelo animal.

Alguns estudos conduzidos constataram que silagens deterioradas podem resultar em menor consumo de matéria seca pelos animais devido a presença de toxinas e amins biogênicas (Bolsen; Whitlock; Uriarte-Archundia, 2002; Borreani; Tabacco; Colombari, 2002; Hoffman; Ocker, 1997), bem como menor digestibilidade dos componentes orgânicos, menor retenção de nitrogênio e decréscimo na disponibilidade de energia (McDONALD et al., 1991).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, C.R.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J. E.; AIMUTIS, W.R. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfafa and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v.75, n.11, p.3066-3083, 1992.

BOLSEN, K. K. Silage: basic principles. **Forages**, v. 5, p. 163-176, 1995.

BOLSEN, K. K.; WHITLOCK, L. A.; URIARTE-ARCHUNDIA, M.E. Effect of surface spoilage on the nutritive value of maize silages diets. In: The International Silage Conference, 13 ed, 2002, Auchincruive. Proceedings... Auchincruive, 2002, p.75-77.

BOLSEN, K.; ILG, H.; AXE, D.; SMITH, R. Urea and limestone additions to forage sorghum silage. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, n 1, 82-84, 1985.

BORREANI, G.; TABACCO, E.; COLOMBARI, G. Influenza del deterioramento aeróbico degli insilati sulla qualità dei prodotti caseari. **Informatore Agrario**, v.11, p. 58-61, 2002.

BOTELHO, P.R.F.; PIRES, D.A.A.; SALES, E.C.J. et al. Avaliação de genótipos de sorgo em primeiro corte e rebrota para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.9, n.3, p.287-97, 2010.

BUETTNER, M.R.; LECHTENBERG, V.L; HENDRIX, K.S. et al. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea*, Schreb.) hay. **Journal of Animal Science**, v.54, n.1, p.172-178, 1982.

CANDIDO, M.J.D.; OBEID, J.A.; PEREIRA, O.G.; CECON, P.R.; DE QUEIROZ, A.C.; DE PAULINO, M.F.; NETO, M.M.G. Características fermentativas e potencial biológico de silagens de híbridos de sorgo cultivados com doses crescentes de adubação. **Revista Ceres**, v.49, n.282, p.151-167, 2002.

CATTANI, M.; SARTORI, A.; BONDESAN, V.; BAILONI, L. In vitro Degradability, Gas Production, and Energy Value of Different Hybrids of Sorghum after Storage in Mini-Silos. **Annals of Animal Science**, v.16, n.3, 769-777, 2016.

CHARMLEY, E. Towards improved silage quality—A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 81, n.2, p.157-168, 2001.

CONAB (2017) - Companhia Nacional de Abastecimento – Acompanhamento da Safra Brasileira Cana-de-Açúcar Safra 2012/2013, Terceiro levantamento. Acesso em 10 jan. 2014. Online. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/12_12_12_10_34_43_boletim_cana_portugues_12_2012.pdf>.

CONTRERAS-GOVEA, F. E.; MUCK, R. E.; MERTENS, D.R.; WEIMER, P.J. Microbial inoculant effects on silage and in vitro ruminal fermentation, and microbial biomass estimation for alfalfa, bmr corn, and corn silages. **Animal Feed Science and Technology**, v.163, n.1, 2-10, 2011.

CULLISON, A. E. The use of urea in making silage from sweet sorghum. **Journal of Animal Science**, v.3, n.1, p.59-62, 1944.

Davis, 1944;

DEMIREL M.; DENIZ S.; YILMAZ I.; NURSOY H. Effect of addition of urea or urea plus molasses to different corn silages harvested at dough stage on silage quality and

digestible dry matter yield. **Journal of Applied Animal Research**, v.24, n.1, p.7-16, 2003.

DRIEHUIS, F.; VAN WIKSELAAR, P.G.V. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high dry matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, n.6, p.711-718, 2000.

EMBRAPA MILHO E SORGO. Evolução do sorgo sacarino para produção de etanol é viável. **Jornal Eletrônico da Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG**, ed, v. 40, 2012.

EVANGELISTA, A.R.; LIMA, J.A. **Aditivos para silagem**. Lavras: Editora UFLA, 1999. 17p. (UFLA. Boletim de extensão, 88).

FADEL, R.; ROSA, B.; DE OLIVEIRA, I.P.; DE SOUZA OLIVEIRA, J. D. Avaliação de diferentes proporções de água e de uréia sobre a composição bromatológica da palha de arroz. **Ciência Animal Brasileira**, v.4, n.2, p.101-107, 2003.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Coarse grains, 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/010/ai466e/ai466e04.htm>>. Acesso em: 02 ago. 2013.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations 2014 - SOFIA: The State of World Fisheries and Aquaculture. Roma. 243p. 2014.

FERNANDES, F.E.P.; GARCIA, R.; PIRES, A.J.V.; OLIVINDO, C.D.S. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.11, p. 2111-2115, 2009.

FERNANDES, P. G. Avaliação agrônômica de dois cultivares de sorgo sacarino (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em Sete Lagoas – MG. 2013. 75f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Goytacazes, RJ.

FONTES, L. A. N.; MOURA FILHO, W. Calagem e adubação. **Informe Agropecuário**, v.5, n.56, p.17-19, 1979.

FRANÇA, A.F. de S.; OLIVEIRA, R. de P.; RODRIGUES, J.A.S.R.; MIYAGI, E.S.; SILVA, A.G. da; PERON, H.J.M.C.; ABREU, J.B.R. de; BASTOS, D. de C. Características fermentativas da silagem de híbridos de sorgo sob doses de nitrogênio. **Ciência Animal Brasileira**, v.12, p.383-391, 2011.

FREITAS, D.; COAN, R.M.; REIS, R.A.; PEREIRA, J.R.A.; PANIZZI, R.C. Avaliação de fontes de amônia para conservação do feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) armazenado com alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 31, n.2, p.866-874, 2002.

GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, 1998. p.33-61.

GERLACH, K. The aerobic deterioration of silages as estimated from chemical composition and dietary choice by goats. 2013.

GÜNEY, M.; DEMIREL, M.; ÇELIK, S.; BAKICI, Y.; LEVENDOĞLU, T. Effects of urea, molasses and urea plus molasses supplementation to sorghum silage on the silage quality, in vitro organic matter digestibility and metabolic energy contents. **Journal of Biological Sciences**, v.7, p.401-404, 2007.

GUO, Y.; YU, Z.; GU, X.; SUN, Q.; CHAO, K. Effects of different additives on silage quality of sorghum. **Acta Agrestia Sinica**, v. 18, n. 6, p. 875-879, 2010.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, p. 35-56, 1993.

HINDS, M.; BRETHOUR, J.; BOLSEN, K. HARVEY, I. 1992. Inoculant and Urea-Molasses Additives for Forage Sorghum Silage. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, n. 1, p. 11-15, 1982

HINDS, M.A.; BOLSEN, K.K.; BRETHOUR, J. et al. Effects of molasses/urea and bacterial inoculant additives on silage quality, dry matter recovery, and feeding value for cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.12, n.3, p.205-214, 1985.

HOFFMAN, P.C.; OCKER, S.M. Quantification of milk yield losses associated with feeding aerobically unstable high moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v. 80(Suppl.1), p. 234, 1997.

HUHTANEN, P.; KHALILI, H.; NOUSIAINEN, J.I. et al. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livest. Prod. Sci.*, v.72, p.111- 130, 2002.

JACKSON, M.G. Review article: the alkali treatment of straws. *Animal Feed Science and Technology*, v.2, n.2, p.105-130, 1977.

- JOBIM, C.C.; GONÇALVES, G.D. **Microbiologia de forragens conservadas**. In: REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. et al. (Eds.) *Volumosos na produção de ruminantes: valor alimentício de forragens*. Jaboticabal: Funep, 2003. p.1-26.
- JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007. (Suplemento especial).
- JONSSON, A.; PAHLOW, G. Systematic classification and biochemical characterisation of yeasts growing in grass silage inoculated with *Lactobacillus* cultures. **Animal Research and Development**, v. 20, p.7–22, 1984.
- KESKİN, B.; YILMAZ, İ. H.; KARSLI, M.A.; NURSOY, H. Effects of urea or urea plus molasses supplementation to silages with different sorghum varieties harvested at the milk stage on the quality and in vitro dry matter digestibility of silages. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v.29, n.5, p.1143-1147, 2005.
- KLOPFENSTEIN, T.J. Chemical treatment of crops residues. *Journal of Animal Science*, v.46, n.3, p.841-848, 1978.
- KNAPP, W.R.; HOLT, D.A.; LECHTENBERG, V.L. Hay preservation and quality improvement by anhydrous ammonia treatment. **Agronomy Journal**, v.67, p.766-769, 1975.
- KUNG, L. Aerobic stability of silages. In: **Proc. 2010 California Alfalfa and Forage Symposium and Crop/cereal Conference, Visalia, CA, USA**. 2010.
- KUNG JR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p.251-304.
- LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R. **Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum)**. Lavras: Editora UFLA, 2001. 28p. (UFLA. Boletim técnico científico, 85).
- LINDGREN, S.; K. PETTERSON; A. KASPRSON. Microbial dynamics during aerobic deterioration of silages. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, n.9, 765-774, 1985.

- LOPES, J.; EVANGELISTA, A.R.; ROCHA, G.P. Valor nutricional de cana-de-açúcar acrescida de ureia e aditivos absorventes de umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.1155-1161, 2007.
- MACHADO, F.S.; RODRIGUEZ, N.M.; RODRIGUES, J.A.S.; RIBAS, M.N.; TEIXEIRA, A.M.; RIBEIRO JÚNIOR, G.O.; PEREIRA, L. G. R. Qualidade da silagem de híbridos de sorgo em diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 64, n.3, p.711-720, 2012.
- MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M. **Ecofisiologia da produção de sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 4 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado técnico, 87).
- MATOS, B.C. Aditivos químicos e microbianos em silagens de cana de açúcar: ação sobre o padrão fermentativo e degradabilidade ruminal da massa ensilada e possíveis incrementos no desempenho animal. **PUBVET**, v.2, n.11, 2008. Disponível em: <http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=321>. Acesso em: 15 jun. 2016.
- MAZZA, R.P.H.; LÚCIA, S.A.; MARTINS, R.J., SOUSA, L.C. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n.6, p. 2372-2379. 2002.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. The biochemistry of silage. **Marlow:Chalcombe**. 2. ed. 1991. 340p.
- MEZZENA, A. G., BELOTTO, E. E., SCALÉA, M. Sorgo, uma alternativa de menor custo e melhor resultado na produção de carne. **Pecuária de Corte**, n.101, p.36-44, 2000.
- MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Eds.) **Silage science and technology**. Wisconsin: ASA; CSSA; SSSA, 2003. p. 305-360.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of dairy cattle. 7..ed. Washinton, D.C.: 2001. 381p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of beef cattle. 7.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science. 1996. 242p.
- NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, R.M.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.;DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.2, p.187-208, 2010.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D.C. et al. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.1, p.293-301, 2002 (suplemento).

NISHINO, N.; YOSHIDA, M.; SHIOTA, H.; SAKAGUCHI, E. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, v.94, p.800-807, 2003.

OUDE ELFERINK, S.J.W.H.; KROONEMAN, J.; GOTTSCHAL, J.C.; SPOELSTRA, S.F., FABER, F., DRIEHUIS, F. Anaerobic conversion of lactic acid to acetic acid and 1,2-propanediol by *Lactobacillus buchneri*. **Applied and Environmental Microbiology**, v.67, n.1, p.125-132, 2001.

PAHLOW, G.; MUCK R.E.; DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S.J.W.H.O.; SPOELSTRA, S. F. **Microbiology of ensiling**. In: Silage Science and Technology. Madison. Proceedings... Madison: ASCSSA-SSSA, Agronomy, 42, 31- 93, 2003.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.D.; REGAZZI, A. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre teores de compostos nitrogenados e retenção de nitrogênio na palhada de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.672-682, 1995.

PAZIANI, S.F.; DUARTE, A.P. Avaliação de cultivares de milho e sorgo para silagem. **Pesquisa & Tecnologia, Campinas**, v.3, n.2, 2006.

PEERZADA, A.M., ALI, H.H., CHAUHAN, B.S. Weed management in sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] using crop competition: a review. **Crop Protection**, v. 95, p.74-80, 2017.

PEREIRA, C.A.; SILVA, R.R.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; BORGES, I.; GOMES, S.P.; RODRIGUES, J.A.S.; SALIBA, E.O.S.; FERREIRA, J.J.C.; SILVA, J.J. Avaliação da silagem do híbrido de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) BR 601 com aditivos 1 – pH, nitrogênio amoniacal, matéria seca, proteína bruta e carboidratos solúveis. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.6, n.2, p.211-222, 2007.

PEREIRA, R.G.A.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; MAGALHÃES, J.A. Processos de ensilagem e plantas a ensilar. Embrapa Rondônia: **Documentos 124**. Porto Velho, RO, 2008.

PHILLIP, L.E.; FELLNER, V. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion, and utilization for growth by beef steers. **Journal of Animal Science**, v.70, p.3178-3187, 1992.

PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.M.; OLIVEIRA, J.S.; BEZERRA, H.F.C.; FREITAS, P.M.D.; PERAZZO, A.F.; RAMOS, R.C.S.; SILVA, A.P.G. Cultivares de sorgo para silagem de diferentes propósitos. **Ciência Rural**, v.45 n.2, 298-303, 2015.

PITT R.E.; MUCK R.E.; PICKERING N.B. 1991. A model of aerobic fungal growth in silage. 2. Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, 46, 301–312, 1991.

POPPI, D.; MCLENNAN, S.R.; BEDIYE, S.; VEGA, A.; ZORRILLA-RIOS, J. Forage quality: Strategies for increasing nutritive value of forages. In. International Grassland Congress. Buchanan-Smith, J.G., Bailey, L.D., McGaughey, P. 18. Winnipeg and Saskatoon, 1997. **Proceedings**: Canadian Forage Council, Canadian Society of Agronomy, Canadian Society of Animal Science, Winnipeg and Saskatoon, 1997. p. 307-322.

POPPI, D.P.; MCLENNAN, S.R. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. **Journal Animal Science**, v.73, p.278-290, 1995.

RANJIT, N.K.; KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a chemical preservation on fermentation and aerobic stability of corn silage. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.526-535, 2000.

REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R. **Forrageicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal, 714p, 2013.

REIS, R.A.; ROSA, B.; MOREIRA, A.L. **Tratamento químico de volumosos: Amonização**. In: OBEID, J. A. et al. (Org.). Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem. Viçosa, 2002, v.1, p. 07-436.

REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, M.T.P. E ROTH, A.P.T.P. 2008. **Fatores que afetam o consumo de forragens conservadas**. In: C.C. Jobim, U. Cecato e M.W. do Canto (Eds.). Produção e utilização de forragens conservadas. Masson, Maringá, PR. pp. 9-40.

RODRIGUES, J.A.S.; PIRES, D.A.A.; GONÇALVES, L.C.; PEREIRA, L.G.R. Melhoramento de sorgo forrageiro e produção de silagem de alta qualidade. In: Simpósio Latino americano Productividad en Ganado de Corte, 15, 2012, Santa Cruz de la Sierra.

Anais... Santa Cruz de la Sierra: Asociación Boliviana de Criadores de Cebú (ASOCEBU), 2012, p. 66-75.

RODRIGUES, J.A.S.; SANTOS, F.G. **Sistema de produção do sorgo**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2011.

RODRIGUES, L. R.; SILVA, P. R. (Org.). **Indicações técnicas para o cultivo do milho e do sorgo no Rio Grande do Sul - Safras 2011/2012 e 2012/2013**. Ijuí: Fepagro e Emater; RS, 2011. 149 p.

ROONEY L.W.; WANISKA R.D. Sorghum food and industrial utilization, pp. 689-729. In: Smith CW, Frederiksen RA eds. Sorghum: Origin, History, Technology, and Production, John Wiley & Sons Inc., New York, 2000.

ROSA, B., FADEL, R.. Uso de amônia anidra e de uréia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, v. 1, p. 41-63, 2001.

ROSA, B.; REIS, R.A.; RESENDE, K.T. et al. Valor nutritivo de *Brachiaria decumbens* stapf cv. Basilisk submetido a tratamento com amônia anidra ou ureia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.4, p. 815-822, 1998.

ROTH, A.P.T.P.; REIS, R.A.; SIQUEIRA, G. BERNARDES, T., RESENDE, F.; MONTEIRO, R. Perdas durante o processo fermentativo e estabilidade aeróbica de silagens de cana-de-açúcar in natura ou queimada, com ou sem a adição de cal. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 47., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: Sociedade Brasileira de Zootecnia. [2010]. (CD-ROM).

ROTZ, C. A. **Field curing of forages**. In: MOORE, K. J.; Kral, D. M.; Viney, M. K. (Eds). Postharvest physiology and preservation of forages. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy Inc., 1995. p. 39-66.

SAHNOUNE, S.; BESLE, J.M.; CHENOST, M.; JOUANY, J. P.; COMBES, D. Treatment of straw with urea. 1. Ureolysis in a low water medium. *Animal Feed Science and Technology*, v. 34, n. 12, p.75-93, 1991.

SANTOS, R.V.; EVANGELISTA, A.R.; PINTO, J.C.; FILHO, C.C.D.C.C., SOUZA, R.M. Composição química da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) e das silagens com diferentes aditivos em duas idades de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.6, p.1184-1189, 2006.

- SCHEUERMANN, G.N. **Utilização do sorgo em rações para frangos de corte.** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2p. 1998.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com ração contendo silagem de cana-de-açúcar.** 2006. 228f. Tese (Doutorado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, 2006.
- SCHMIDT, PATRICK; SOUZA, C.M.; BACH, B.C. **Uso estratégico de aditivos em silagens: Quando e como usar.** Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas, Maringá. Anais Maringá: Nova Sthampa, p. 243-264, 2014.
- SILVA, A.V. **Populações microbianas em plantas de milho e sorgo, produtos da fermentação e desempenho de bovinos de corte, suplementados com suas silagens, tratadas com inoculantes microbianos.** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2001. 122p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- SINGH, A.P.; PANDIT, N.N. Studies on fermentation of sorghum silage during storage—Effect of urea and molasses. **Animal Feed Science and Technology**, v.3, n.4, p.299-307, 1978.
- SINGH, S.; PANDITA, P.N. Scaling and universality of thermodynamics and correlations of an ideal relativistic Bose gas with pair production. **Physical Review A**, v.28, n.3, p.1752, 1983.
- SPOELSTRA, S.F.; COURTIN, M.G.; VAN BEERS, J.A.C. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of maize silage. **Journal of Agricultural Science**, v.111, n.50, p.127-132, 1988.
- SUNDSTØL F.; COXWORTH E.; MOWAT, D.N. Improving the nutritive value of wheat straw and other low quality roughages by treatment with ammonia. **World Animal Review**, v.26, p.13–21, 1978.
- SUNDSTOL, F.; COXWORTH, E.M. **Ammonia treatment.** In: SUNDSTOL, F.; OWEN, E. (Eds.). **Straw and others fibrous by-products as feed.** Amsterdam: Elsevier, 1984. p.196-247.
- TARKOV, H., FEIST, W.C. A mechanism for improving the digestibility of lignocelulosic material with dilute alkali and liquid ammonia. **Advanced Chemistry Series**, v.26, n.1, p.13-21, 1969.

- TOLENTINO, D.C., RODRIGUES, J.A.S., PIRES, D.A.D.A., VERIATO, F.T., LIMA, L.O.B., MOURA, M.M.A. The quality of silage of different sorghum genotypes. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.38, n.2, p.143-149, 2016.
- URIAS, A.R.; DELFINO, F.J.; SWINGLE, R.S. Crude protein content and in vitro digestibility of wheat straw ammoniated under high environmental temperatures. *Journal of Animal Science*, v.59, p. 290-291, 1984.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. **Ithaca: Cornell University Press**. 2. ed. 1994. 476p.
- VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.C.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.764-772, 2004.
- VOGEL, G.F., MARTINKOSKI, L. Utilização de sorgo como alternativa na produção de silagem. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.8, n.5, p.177-187, 2014.
- WEINBERG, Z.G.; MUCK, R.E. New trends and opportunities in the development and use of inoculants for silage. *FEMS Microbiological Reviews* 19, 53–68, 1996.
- WEINBERG, Z. G.; KHANAL, P.; YILDIZ, C.; CHEN, Y.; ARIELI, A. Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. **Grassland science**, v.57, n.1, p.46-50, 2011.
- WEIß, K.; AUERBACH, H. Occurrence of volatile organic compounds and ethanol in different types of silages. In: Kuoppala, K., Rinne, M. & Vanhatalo, A. (eds). *Proceedings XVI International Silage Conference*. Hämeenlinna, Finland: MTT Agrifood Research Finland, University of Helsinki, p. 128–129, 2012.
- WEISSBACH, F. Die Bestimmung der Pufferkapazität der Futterpflanzen und ihre Bedeutung für die Beurteilung der Vergärbarkeit. **Tagungsbericht**, v.92, 211-220, 1967.
- WILKINSON, J.M.; DAVIES, D.R. The aerobic stability of silage: Key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, v.68, p.1-19, 2012.
- WILLIAMS, J.R.; DELANO, D.R.; HEINIGER, R.W.; VANDERLIP, R.L.; LLEWELYN, R.V. Replanting strategies for grain sorghum under risk. **Agricultural Systems**, v.60, p.137-155, 1999.

WILLIAMS, P.E.V.; INNES, G.M.; BREWER, A. Ammonia treatment of straw via hidrolisis of urea. Effects of dry matter and urea concentration on the rate of hidrolisis of urea. **Animal Feed Science Technology**, v. 11, n. 2, p. 115-124, 1984.

WOOLFORD, M. K.; SAWCZYC, M. K. An investigation into the effect of cultures of lactic acid bacteria on fermentation in silage. **Grass and Forage Science**, v. 39, n. 2, p. 149-158, 1984.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 322p.

YITBAREK, M.B.; TAMIR, B. Silage additives: Review. *Open Journal of Applied Sciences*, v.4, n. 05, p.258-274, 2014.

CAPÍTULO I

Microbiologia, perfil e perdas fermentativas, estabilidade aeróbica e valor nutritivo em silagens de sorgo tratadas com ureia

Microbiologia, perfil e perdas fermentativas, estabilidade aeróbica e valor nutritivo em silagens de sorgo tratadas com ureia

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da utilização da ureia como aditivo químico sobre a microbiologia, perfil e perdas fermentativas, estabilidade aeróbica e valor nutritivo na silagem de sorgo. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições, sendo avaliados os seguintes tratamentos: T1 – 0 g/kg (silagem controle); T2 – 5 g/kg de ureia; T3 – 10 g/kg de ureia; T4 - 20 g/kg de ureia adicionada com base na matéria natural no momento da ensilagem. Após a homogeneização do aditivo com o sorgo, o material foi armazenado em 20 mini-silos experimentais de PVC com 10 centímetros de diâmetro e altura variando de 35 a 40,5 cm, objetivando-se densidade de compactação de 600kg/dm³, os quais foram armazenados por um período de 150 dias. Após este período, os silos foram abertos sendo realizada uma nova pesagem para estimar as perdas fermentativas avaliadas por meio de análise de regressão. Posteriormente, em torno de 1,5 kg do material de cada mini-silo foi transferido para novos mini-silos para ser realizado o ensaio de estabilidade aeróbica durante 72 horas, sendo mensuradas as temperaturas interna e ambiente a cada 2 horas. A partir das mini-silos individuais foi realizado um pool de amostras por tratamento, nos tempos 0 e 72 horas, para a avaliação da população microbiana e os teores de ácidos orgânicos, lático, etanol. O perfil fermentativo, assim como a composição bromatológica das silagens foram avaliados com um delineamento inteiramente casualizado em esquema de parcela subdividida (2 x 4, em que foram analisados os tempos de exposição aeróbica – 0 e 72 horas) e os níveis de ureia aplicados na silagem de sorgo (0, 5, 10 e 20 g/kg com base na matéria natural). A inclusão de até 20 g/kg de ureia não reduz perdas fermentativas na silagem de sorgo. Além disso, os níveis avaliados não promove maior estabilidade aeróbica durante 72 horas, em comparação a silagem de sorgo sem aditivo. Os níveis de ureia e períodos de exposição aeróbica promovem mudanças na composição bromatológica das silagens e produção de ácidos orgânicos com redução da produção de etanol. Contudo, a ureia não inibe o crescimento de leveduras tanto no tempo 0, como também após 72 horas de exposição aeróbica.

Palavras-chave: aditivo químico, microbiologia, nitrogênio amoniacal, *Sorghum bicolor* L. moench

Microbiology, fermentative profile and losses, aerobic stability and nutritive value in sorghum silages treated with urea

ABSTRACT

The study aimed to evaluate the effects of the use of urea as a chemical additive on microbiology counts, fermentative profile and losses, aerobic stability and nutritive value in sorghum silages. It was used the completely randomized experimental design with four treatments and five replicates. The treatments evaluated were the different amounts of urea added to the sorghum at the ensiling, on natural matter basis: T1 – 0 g/kg (control silage); T2 – 5 g/kg of urea; T3 – 10 g/kg of urea; T4 - 20 g/kg of urea. After the homogenization of the additive with the sorghum, the material was stored in 20 experimental PVC mini-silos of with 10 centimeters in diameter and height ranging from 35 to 40.5 cm, with density of 600kg/dm³, which were stored for a period of 150 days. After the storage period, the silos were opened and a new weighing was performed to estimate the fermentation losses (losses by gases and effluents, and dry matter recovery) that were evaluated through regression analysis. Subsequently, about 1.5 kg of material from each mini-silo was transferred to new mini-silos to perform the aerobic stability test for 72 hours, and the internal and ambient temperatures were measured every 2 hours. From the individual mini-silos, a pool of samples per treatment at 0 and 72 hours after aerobic exposure was carried out to perform the microbial population and the content of organic acids (acetic, propionic), lactic acid, ethanol. The fermentative profile (pH, buffering capacity, ammoniacal nitrogen, water soluble carbohydrates) as well as the bromatological composition of the silages were evaluated with a completely randomized design in a split-plot scheme (2 x 4, in which the aerobic - 0 and 72 hours) and the levels of urea used in sorghum silage (0, 5, 10 and 20 g / kg based on natural matter). The inclusion of up to 2.0% of urea does not reduce fermentative losses by gases or increases recovery in dry matter in sorghum silage. In addition, at the evaluated levels it does not promote greater aerobic stability for 72 hours, compared to sorghum silage without additive. Despite The levels of urea addition and aerobic exposure promote changes in the bromatological composition of silages and organic acid production, with ethanol reduction. However, urea does not inhibit yeast growth both at time 0 and after 72 hours of aerobic exposure.

Keywords: additive, ammonia nitrogen, microbiology, *Sorghum bicolor* L. moench

1. INTRODUÇÃO

A ensilagem do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) é uma boa alternativa para uso na alimentação de ruminantes durante o período do ano em que há maior necessidade de alimento volumoso, em substituição à silagem de milho tradicionalmente utilizada na nutrição animal. Esta forrageira segundo Weinberg et al. (2011), é caracterizada pelo crescimento em regiões tropicais e subtropicais, e tem como principais vantagens a tolerância às secas e altas temperaturas, alta produtividade, baixos custos de produção, baixos requerimentos de fertilidade de solo, bem como a possibilidade de obtenção de segundo corte após a rebrota.

Nos últimos anos, as dificuldades verificadas no cultivo do milho têm obrigado os agricultores a considerar a produção de silagens alternativas. O sorgo conforme afirmado por Behling Neto et al. (2017) tem características desejáveis para a produção de silagem, pois apresenta conteúdo de matéria seca (DM) ideal para ensilagem, acima de 25% (McDonald et al., 1991) e e poder tampão menor que 20 e.mg de NaOH/100 g de MS (FERNANDES et al., 2009). No entanto, o alto teor de carboidratos solúveis residuais na silagem de sorgo forrageiro, cujos valores segundo Pinho et al. (2015) podem variar de 12.5 a 20.5 (%), presente no caule, favorece o processo de deterioração aeróbia por fungos e leveduras. Dessa forma, são verificadas perdas após a abertura do silo, uma vez que este substrato é usado para a multiplicação de leveduras, fungos e bactérias, que são microorganismos responsáveis por perdas no valor nutritivo da silagem do sorgo (RAMOS et al., 2016).

No entanto, a qualidade da cultura do sorgo pode ser melhorada no momento da ensilagem através do uso de aditivos específicos. Diversos aditivos químicos com propriedades antifúngicas vem sendo utilizados com o intuito de melhorar a estabilidade aeróbica de silagens. Entre eles, é possível mencionar o uso de ureia, que tem seu efeito benéfico associado ao aumento da estabilidade da silagem pela ação em microorganismos e fermentações indesejáveis como o etanólica, bem como no controle de proteólise ou crescimento aeróbico.

O uso de aditivos alcalinos, como a ureia por causa da promoção da liberação de amônia pela hidrólise da ureia, pode alterar o perfil de fermentação da silagem e diminuir as perdas de nutrientes (WOOLFORD, 1984) sendo possível mencionar o uso da ureia, a amônia anidra e o sulfato de amônio, os quais são importantes fontes de nitrogênio não-proteico. Também de acordo com o autor, a ureia tem um efeito benéfico sobre a composição bromatológica e a digestibilidade da silagem, com o conseqüente potencial de melhoria do valor nutricional do produto final (FERNANDES et al., 2009).

Diante do exposto, hipotetizamos que o valor nutritivo e a estabilidade aeróbica da silagem de sorgo serão melhorados com a adição de ureia. Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho avaliar os efeitos da adição de ureia sobre o valor nutritivo, as características

bromatológicas, perfil e perdas fermentativas, populações microbianas e estabilidade aeróbica em silagens de sorgo.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de realização do experimento

O plantio do sorgo híbrido forrageiro Agroceres Volumax® (*Sorghum bicolor* L. Moench) foi realizado na Fazenda de São Gonçalo dos Campos - UFBA, pertencente à Escola de Medicina Veterinária e Ciência Animal da Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos / Bahia, no Brasil, nas coordenadas 12°23'49.5 "S e 38°52'43.5" W, com uma altitude de 234 metros.

Com base na classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é tipo As (clima tropical "A", com temperaturas médias acima de 18°C e "s", a estação seca ocorre durante o tempo do sol mais alto e dias mais longos), com média precipitação anual de 900 a 1200 mm por ano.

Para semeadura, foi adotado o sistema de plantio direto, com espaçamento de 70 cm entre as linhas, conservando 12 plantas por metro linear. A fertilização foi realizada no plantio de acordo com a análise do solo e as demandas de culturas, usando 300 kg de fosfato supersimples, 100 kg de cloreto de potássio e 50 kg de nitrogênio e 200 kg ha⁻¹ de ureia na cobertura após a emergência.

2.2. Delineamento experimental

Vinte mini-silos experimentais foram confeccionados utilizando-se tubos de PVC, com 10 cm de diâmetro e com comprimentos que variaram de 35,0 a 40,5 cm, providos de tampas permitindo vedação adequada. Nas tampas foi realizado um pequeno orifício, onde foi adaptada uma mangueira de borracha com um corte longitudinal, formando uma válvula tipo *Bunsen*, para permitir o escape dos gases resultantes da fermentação.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e cinco repetições representados pelas dosagens de ureia na ensilagem de sorgo sendo avaliados da seguinte forma: controle (sem inclusão de ureia na silagem de sorgo); sorgo ensilado com 5 g/kg de ureia; sorgo ensilado com 10 g/kg de ureia, e sorgo ensilado com 20 g/kg de ureia, com base na matéria natural.

2.3. Ensilagem

A colheita do sorgo foi realizada no dia 20 de outubro de 2014, período em que o sorgo estava com aproximadamente 28 a 30% de matéria seca, 110 dias após a semeadura, no ponto farináceo-duro. As plantas foram colhidas inteiras e trituradas em máquina forrageira acoplada

a um trator, regulada para cortar a forragem com tamanho teórico de partículas de aproximadamente 3 ou 3,5 mm. A ureia utilizada durante o processo de ensilagem foi pesada manualmente e acrescida de forma proporcional à quantidade de matéria verde e conforme a capacidade de cada mini-silo, haja vista que não apresentavam a mesma altura. Dessa forma, após a trituração do sorgo foi realizada a homogeneização de forma uniforme da ureia com o sorgo *in natura*, sendo acondicionado em camadas no interior dos mini-silos e procedida a compactação com o auxílio de um soquete de modo a atingir densidade de 600 kg/m³ (Tabela 1).

No fundo de cada mini-silo foram colocados cerca de 1,5 kg de areia, separada da forragem por uma tela de polietileno, de maneira que fosse possível medir a quantidade de efluentes retida. Os silos foram pesados antes da ensilagem (silo + tampa + areia seca + tela) e depois de cheios e tampados, para posteriores quantificações das perdas por gases e da recuperação da matéria seca (MS), com base nas diferenças gravimétricas. Os mini-silos foram tampados – e as tampas, vedadas com fita adesiva sendo mantidos em local coberto, em temperatura ambiente, até a abertura.

Tabela 1. Níveis de adição de ureia, com base na matéria natural adicionados à silagem de sorgo, confeccionados em mini-silos de PVC

Tratamento	Repetição	Altura do cano (cm)	raio	Volume**	Capacidade do silo***	Dose de ureia (g)
(0 g/kg de ureia)	T1R1	38.5	5 cm	0.0030223	1.813	0
	T1R2	38.5	5 cm	0.0030223	1.813	0
	T1R3	39.5	5 cm	0.0031008	1.860	0
	T1R4	35.0	5 cm	0.0027475	1.648	0
	T1R5	36.0	5 cm	0.002826	1.695	0
(5g/kg de ureia)	T2R1	38.0	5 cm	0.002983	1.789	8.95
	T2R2	38.5	5 cm	0.0030223	1.813	9.07
	T2R3	37.5	5 cm	0.0029438	1.766	8.83
	T2R4	38.0	5 cm	0.002983	1.789	8.95
	T2R5	37.0	5 cm	0.0029045	1.742	8.71
10 g/kg de ureia)	T3R1	37.5	5 cm	0.0029438	1.766	17.66
	T3R2	37.5	5 cm	0.0029438	1.766	17.66
	T3R3	37.5	5 cm	0.0029438	1.766	17.66
	T3R4	37.5	5 cm	0.0029438	1.766	17.66
	T3R5	39.5	5 cm	0.0031008	1.860	18.60
20 g/kg de ureia)	T4R1	39.5	5 cm	0.0031008	1.860	37.20
	T4R2	37.5	5 cm	0.0029438	1.766	35.32
	T4R3	40.5	5 cm	0.0031793	1.907	38.14
	T4R4	38.5	5 cm	0.0030223	1.813	36.26
	T4R5	38.0	5 cm	0.002983	1.789	35.78

** volume = $\pi \times \text{raio}^2 \times \text{h}$ (altura)(cm); *** densidade = volume x 600 kg/m³ de matéria verde; g = gramas

2.4. Análises laboratoriais

Após o período de 5 meses de confecção dos mini-silos, foi procedido o ensaio de estabilidade aeróbica, assim como as análises de microbiologia as quais foram desenvolvidas no Setor de Forragicultura do Centro de Ciências Agrárias (CCA), Campus II, da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), no final de março de 2015. Sendo assim, foram coletadas amostras de cada unidade experimental, para determinação da composição bromatológica, sendo uma parte do material acondicionado em sacos plásticos identificados e mantidos em freezer a -20°C para posteriores análises laboratoriais.

Após o descongelamento em temperatura ambiente as amostras foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas. Em seguida, foram trituradas em moinhos de faca tipo *Willey* com peneira de 1 mm, armazenadas em frascos plásticos com tampa, etiquetados para a determinação dos teores de matéria seca (Método, 934.01), matéria orgânica (Método 924.05), proteína bruta (Método, 920.87), extrato etéreo (EE – Método 920.39) conforme as metodologias descritas na AOAC (1990). Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram analisados conforme Van Soest et al. (1991) e os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) segundo Licitra et al. (1996). A lignina foi determinada por meio do tratamento do resíduo de fibra em detergente ácido com ácido sulfúrico a 72% (método 973.18; AOAC, 2002).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) descritos nas Tabelas 2 e 3 foram estimados foram calculados conforme as fórmulas de estimativas de digestibilidade de cada fração analítica, para vacas em lactação:

$$(1) \text{CNFad\%} = 0,9507\text{CNFcp\%} - 5,72 \quad (\text{Detmann et al., 2006a})$$

$$(2) \text{EEad\%} = 0,8596\text{EE\%} - 0,21 \quad (\text{Detmann et al., 2006b})$$

$$(3) \text{PBad\%} = 0,7845\text{PB\%} - 0,97 \quad (\text{Detmann et al., 2006c})$$

$$(4) \text{FDNd}_{\text{VL}}\% = 0,67 \times \{(\text{FDNcp} - L) \times [1 - (L/\text{FDNcp})^{0,85}]\} \quad (\text{Detmann et al. (2007)})$$

Após a estimativa das frações analíticas digestíveis, foi estimado o NDT conforme a seguinte equação: $\text{NDT} = \text{CNFad\%} + \text{EEad\%} + \text{PBad\%} + \text{FDNd}_{\text{VL}}\%$

Em que: CNFad = carboidratos não-fibrosos aparentemente digestível; EEad = EE aparentemente digestível; PBad = PB aparentemente digestível e, FDNd_{VL} = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína efetivamente digestível.

2.5. Quantificação das populações microbianas

A partir de cada unidade experimental foi realizado a coleta de uma amostra, que posteriormente formaram um pool de amostras por tratamento, nos tempos 0 e 72 horas, para a avaliação da população microbiana e os teores de ácidos orgânicos, lático, etanol. Sendo assim, a avaliação microbiológica foi realizada conforme metodologia descrita por González e Rodrigues (2003). Previamente à realização das análises microbiológicas foi adicionada água destilada às garrafas plásticas autoclaváveis providas de tampas, com auxílio de balões volumétricos de 100 mL e de pipetas de vidro de 1 e 10 mL. Dessa forma, foi utilizada 1 garrafa contendo 90 mL de água destilada, como também garrafas contendo 99 mL de água destilada utilizadas para posteriores diluições de 10^{-1} a 10^{-9} . As garrafas foram identificadas conforme estas diluições e autoclavadas a 120°C durante 15 minutos.

As contagens das populações microbianas foram realizadas adicionando 10 gramas de silagem em 90 mL de água destilada previamente esterilizada. Após a agitação durante o período de 1 minuto, da solução obtida foi pipetado 0,1 ou 1 mL para garrafas contendo água destilada previamente esterilizada em autoclave sendo pipetado com as devidas diluições (10^{-1} a 10^{-9}), sempre realizando homogeneização prévia do material antes da coleta da alíquota.

Após a identificação prévia das placas foi realizado o plaqueamento em duplicata para cada meio de cultura sendo determinadas as populações de bactérias ácido lácticas (BAL), enterobactérias e mofos e leveduras pela técnica de pour plate. Dessa forma, foram utilizados os seguintes meios de cultura: para contagem de *Lactobacillus* foi utilizado ágar Rogosa sendo realizada a leitura das placas após incubação de 48 horas em estufa ou incubadora BOD à temperatura de 37°C .

Para a contagem de mofos e leveduras foi utilizado o ágar BDA (Batata Dextrose Ágar) acidificado com ácido tartárico a 1% e procedida leitura das placas após incubação de 48 horas em estufa ou BOD à temperatura de 37°C . A diferenciação entre leveduras e bolores foi feita visualmente pela estrutura física das colônias, pois leveduras são unicelulares e bolores multicelulares.

Com relação à contagem de enterobactérias o *Ágar Brilliant Green Bile* (ágar verde brilhante) foi utilizado sendo realizada a leitura após incubação de 24 horas à temperatura de 37°C . Todas as placas foram armazenadas em estufa a 37°C viradas de cabeça para baixo, sendo utilizadas duas camadas de meio de cultura.

Posteriormente ao período de incubação em B.O.D. foi procedida a contagem das colônias. Assim, foram consideradas placas contáveis em aquelas em que houvessem valores entre 30 e 300 UFC (unidades formadoras de colônias), sendo calculadas as médias das placas da diluição

selecionada. Sendo assim, os dados de populações microbianas foram transformados (log 10), mas não estatisticamente analisados porque as amostras foram reunidas para cada tratamento.

2.6. Teor de ácidos orgânicos e etanol

Para a quantificação da concentração de ácidos orgânicos, assim como o teor de etanol e ácido láctico foram utilizados 10 gramas de amostra de silagem úmida que foram diluídas em 90 mL de água destilada. Posteriormente, o material foi submetido à maceração durante 1 minuto, sendo em seguida filtrado. A partir do material obtido foram pipetados 2 mL do filtrado e posteriormente adicionados em 1 mL de solução de ácido metafosfórico (20% p/v) sendo acidificado juntamente com 50 microlitros de ácido sulfúrico H₂SO₄ a 50% (vol/vol). Em seguida, o material foi submetido a homogeneização sendo transferido para tipo *Eppendorf* de 2 mL e submetidos à centrifugação 13.000 rpm por 10 minutos. Posteriormente, foi realizada a transferência do sobrenadante para outros *Eppendorf*, que foram identificados e mantidos em freezer a -20°C até posteriores análises laboratoriais (MUCK e DICKERSON, 1988).

O teor de ácidos orgânicos da silagem, assim como o teor de ácido láctico foram analisados por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), utilizando uma coluna Aminex® HPX-87H (30 cm x 4.5 mm, Bio-Rad Laboratories Ltd), em um cromatógrafo Shimadzu. Os ácidos foram detectados utilizando como fase móvel água em 0.05 mmol.L⁻¹ de ácido sulfúrico (H₂SO₄) com fluxo de 0,8 mL/minuto, sobre uma pressão de 73 kgf. Os compostos foram monitorados com auxílio de detector UV (modelo SPD10A VP), regulado em comprimento de onda (λ) de 210 nm, sendo injetados vinte microlitros de cada amostra no cromatógrafo.

2.7. pH e capacidade tampão

O pH nas amostras de silagem de sorgo foi realizado duplicata e medido com auxílio de potenciômetro digital portátil de acordo com a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992). Dessa forma foram coletados aproximadamente 25 gramas de amostra do material ensilado de cada tratamento, que foi adicionado em 100 mL de água destilada, sendo a leitura procedida após o período de 1 hora.

Para a realização da análise de capacidade tampão foram pesadas 15 gramas de material fresca, após prévio descongelamento em temperatura ambiente. Conforme descrito na metodologia de Playne e McDonald (1966), foi procedida a maceração das amostras em liquidificador com 250 mL de água destilada, sendo em seguida transferidos para recipiente plásticos e mantidos em repouso a temperatura ambiente durante 30 minutos.

Posteriormente à calibração do pHmetro com as soluções de pH 4,0 e 7,0, foi realizada a aferição do pH inicial das amostras, sendo posteriormente conduzida a análise de capacidade tampão, com uso de soluções de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1N.

Sendo assim, com auxílio de agitador magnético, foi realizada a titulação sob agitação constante, adicionando primeiramente a solução de HCl para reduzir o pH até 3,0 de forma a haver liberação de bicarbonatos e CO₂. Posteriormente, foi procedida a titulação com NaOH até elevar para o pH no valor 4,0. A partir disso, foi novamente titulado com solução de NaOH, sendo anotado o valor gasto de modo a mudar o pH de 4,0 até 6,0, o qual foi utilizado no cálculo da capacidade tampão das amostras. Dessa forma, a capacidade tampão foi expressa como equivalente miligrama (e.mg) de álcali, requerido para mudar o pH de 4,0 até 6,0 por 100 g de matéria seca, após correção para o valor da titulação de 250 mL de água destilada (Branco), como demonstrado a seguir:

$$\text{CATP} = \frac{0,1 * (V_a - V_b) * 100}{\text{PA}}$$

PA

Em que: CATP = capacidade tampão expressa em equivalente miligrama (e.mg) NaOH/100 g MS; 0,1 = Normalidade do NaOH; V_a = volume de NaOH gasto para mudar o pH da amostra de 4,0 para 6,0; V_b = volume de NaOH gasto para mudar o pH do branco de 4,0 para 6,0; PA = peso da amostra seca = [(peso da amostra*MS)/100].

2.8. Nitrogênio amoniacal

O nitrogênio amoniacal foi realizado através da colorimetria, utilizando-se o extrato aquoso da silagem para a sua determinação, conforme com base na metodologia descrita por Chaney e Marbach (1962), adaptadas para amostras de silagem. Sendo assim, a metodologia aplicada teve como base a reação da amônia presente nas amostras com soluções de hipoclorito de sódio e fenol, associado ao uso do nitroprussiato diidratado o qual foi utilizado como catalizador, havendo por fim a formação de indofenol.

Foram utilizados 12,5 gramas de amostra verde de silagem os quais foram acondicionados em potes plásticos com tampas sendo adicionadas em 100 mL de solução de H₂SO₄ a 0,2N. Após repouso de 48 horas a temperatura ambiente e em local escuro, as amostras foram filtradas sendo retiradas alíquotas de 1,5 mL do extrato que foram acondicionadas em 2 tubos tipo *Eppendorf* de 2,0 mL. Em seguida, o material foi centrifugado por 10 minutos a 13.000 rpm. Do sobrenadante, alíquotas foram retiradas e armazenadas em outros tubos tipo *Eppendorf*, os quais foram mantidos em freezer a -20°C até a realização das análises.

Para a realização da leitura das amostras, foi elaborada uma curva de calibração sendo utilizando cloreto de amônio nas concentrações: 0, 5, 10, 15, 20 e 25 μL . Portanto, em cada tubo de vidro com tampa rosqueável foram pipetados uma alíquota de 25 μL de amostra e adicionados 1,5 mL de fenol para a amônia não volatilizar, agitando-se em vórtex. Posteriormente, adicionou-se 1,5 mL de hipoclorito de sódio + hidróxido de sódio sendo novamente agitado em vórtex. Então, foi realizada a homogeneização e procedeu-se a incubação em banho-maria a 39°C por 15 minutos. Após esse período os tubos foram retirados do banho-maria e mantidos em bancada à temperatura ambiente de modo a ser procedida a leitura em espectrofotômetro utilizando comprimento de onda de 490 nm. Os dados de absorbância da curva de calibração foram utilizados para a construção da curva de regressão, permitindo assim a determinação das concentrações de nitrogênio amoniacal das amostras.

2.9. Carboidratos solúveis em água

Para a determinação da concentração de carboidratos solúveis em água (CSA) da silagem, foi utilizado o método do ácido sulfúrico concentrado, descrito por Dubois et al. (1956), com adaptações por Corsato et al. (2008), sendo a análise procedida em triplicata. Para a extração, 0,05 gramas (50 mg) de amostra seca e moída em moinho tipo Willey com peneira de 1 mm, foram adicionados a 50 mL de solução alcoólica (etanol a 80%) e acondicionados em balões volumétricos. As bocas dos balões foram vedadas e, em seguida, foram mantidos em banho-maria a 80°C durante 30 minutos. Após os extratos terem sido filtrados, o volume foi completado para 100 mL com água destilada com posterior homogeneização e acondicionamento em frascos de vidro com tampa, para evitar a volatilização. Em seguida, alíquotas de um mL do extrato etanólico foram retiradas e armazenadas em tubos de ensaio de vidro com tampa rosqueável, sendo adicionados 0,5 mL de solução de fenol a 5% e 2,5 mL de ácido sulfúrico concentrado em tubos de vidro com tampa rosqueável. Após a pipetagem dos reagentes acima mencionados e da amostra, os tubos foram tampados e homogeneizados com auxílio de vórtex, e deixados esfriar a temperatura ambiente.

As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, com comprimento de onda ajustado para 630 nm de absorbância, sendo utilizada a glicose a 0,01% como padrão para elaboração da curva, nas seguintes concentrações: 0,0001, 0,0015; 0,003; 0,0045; 0,006; 0,0075; 0,0091; 0,0105 (g/100 mL). Os teores de CSA foram calculados em $\text{g} \times 100 \text{ mL}^{-1}$ de solução e, posteriormente ajustados com base na matéria seca de cada amostra de silagem utilizada.

2.10. Avaliação da estabilidade aeróbica

A avaliação da estabilidade aeróbica foi realizada utilizando os 20 mini-silos os quais posteriormente ao período de armazenamento foram abertos . Dessa forma, cerca de 1,5 kg da matéria natural das silagens foram pesados e transferidos para outros silos de PVC desprovidos de tampas, que foram armazenados em uma sala com temperatura controlada a 25°C.

A aferição da temperatura interna das silagens foi realizada por meio de um termômetro inserido dentro da massa de sorgo contida no silo de PVC, sendo gerada uma média das 3 mensurações realizada em cada balde, a cada 2 horas durante um período de 72 horas, sendo realizado o acompanhamento da temperatura das silagens. Assim como a temperatura das silagens, foi mensurada a temperatura ambiente com auxílio de um termômetro de bancada. A estabilidade aeróbica foi calculada como o tempo gasto, em horas, para a massa da forragem elevar em 2°C a temperatura acima daquela do ambiente (TAYLOR e KUNG JR., 2002).

2.11. Perdas fermentativas

Como mencionado anteriormente, após o período em que os mini-silos foram mantidos estocados, foi inicialmente procedida a pesagem individual de cada um deles ainda fechados. Posteriormente, foram retiradas as fitas adesivas de vedação sendo novamente pesados. Após a retirada de toda amostra de silagem, a tara foi novamente mensurada, para determinação das perdas por gases e efluentes, assim como para se estimar a recuperação da matéria seca durante a ensilagem.

Para determinar a produção de efluente foi utilizado equação descrita por Zanine et al. (2010), adotando procedimento de pesagens do conjunto silo e areia, depois e antes da ensilagem, de forma a quantificar as diferenças de massa em relação à quantidade de matéria verde ensilada.

A perda de matéria seca decorrente da produção de gases foi calculada, segundo metodologia proposta por Schmidt (2006), pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos silos experimentais, em relação à quantidade de MS ensilada, descontados o peso do conjunto silo e areia seca. Com relação á recuperação da matéria seca, após a abertura dos mini-silos foi determinada pelo método proposto por Jobim et al. (2007).

2.12. Análises estatísticas

Para os dados de composição bromatológica e perfil fermentativo (pH, CT, CSA, N-NH₃) foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado em esquema em parcela subdividida, com cinco repetições utilizando-se o programa SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.,2002), versão 9.0. O seguinte modelo foi utilizado:

$$Y_{ijk} = \mu + U_i + e_{ij} + PE_k + (U \times PE)_{ik} + E_{ijk}$$

em que: Y_{ij} = valor observado; μ = média geral; U_i = efeito dos níveis de ureia; e_{ij} = efeito do erro experimental nas parcelas; PE_k = efeito do período de exposição aeróbica; $(U \times PE)_{ik}$ = efeito da interação ureia x período de exposição aeróbica; s_i = efeito dos níveis de ureia; e_{ijk} = erro tipo b.

As parcelas foram compostas pelos níveis de ureia (0, 5, 10 e 20 g/kg, com base na matéria natural), e as subparcelas pelos períodos de exposição aeróbica da silagem (0 e 72 horas). As médias de mínimos quadrados foram comparadas utilizando-se o teste Tukey considerando 5% de probabilidade para o erro tipo I.

Os resultados dos dados de perdas por gases, efluentes, carboidratos solúveis totais, assim como de recuperação de matéria seca foram submetidos à análise de variância (ANOVA) segundo delineamento inteiramente casualizado sendo avaliados modelos de regressão linear, quadrático e a falta de ajuste para os mesmos considerando 5% de probabilidade para o erro tipo I para todas as hipóteses avaliadas.

3.0. RESULTADOS

3.1. Composição bromatológica da silagem antes e após a estabilidade aeróbica

Não houve interação ($P > 0,05$) entre os níveis de ureia e períodos de exposição aeróbica, bem como dos níveis de ureia sobre o teor de MS das silagens de sorgo, somente dos períodos de exposição de aeróbica ($P < 0,05$). Por outro lado, não foi verificado efeito ($P > 0,05$) dos níveis de ureia e do tempo de aerobiose, bem como da interação sobre os teores de MM, MO e EE.

Tabela 2. Composição químico-bromatológica em silagens de sorgo tratadas com ureia antes e após o período de 72 horas de exposição aeróbica

Item	Tempo de exposição aeróbica (horas)		Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM ³	Valor-P		
	0	72	0	5	10	20		U	E	E x U
MS ¹	314,9	341,1	328,9	329	339	315,3	0,44	0,0607	<0,0001	0,2523
MM ¹	43,6	44,5	46,1	44,4	42,7	43,1	0,11	0,3636	0,3708	0,8092
MO ¹	956,4	955,5	953,9	955,6	957,4	956,9	0,11	0,3636	0,3708	0,8092
EE ¹	56,7	51,5	56,1	48,1	54,8	57,4	0,54	0,3904	0,2039	0,0663
PB ¹	101,9	106,6	67,5	101,2	113,4	134,9	0,50	<0,0001	0,0124	0,1123
FDNcp ¹	723,3	733,4	744,8	718	715,5	735,1	0,36	0,0003	0,0283	0,3317
FDA ¹	447,4	469,8	464,4	450,6	441,4	478	1,41	0,1091	0,0475	0,1034
PIDN ²	236,8	233,9	317,4	232,1	210,1	181,8	1,84	<0,0001	0,6145	0,4049
PIDA ²	179,7	191,2	218,7	182,4	191,1	149,6	1,51	0,0062	0,1471	0,0361

Equações de regressão

$$PB^1 \quad \hat{Y} = 7.67 \pm (0.29) + 3.15 \pm (0.26) \times NU \quad (R^2 = 79,82)$$

$$FDNcp^1 \quad \hat{Y} = 74.35 \pm (0.43) - 5.73 \pm (1.10) \times NU + 2.67 \pm (0.51) \times NU^2 \quad (R^2 = 42,99)$$

$$PIDN^2 \quad \hat{Y} = 31.26 \pm (0.88) - 15.94 \pm (2.23) \times NU + 4.746 \pm (1.03) \times NU^2 \quad (R^2 = 76,20)$$

¹(g/kg de MS); ² (g/kg de PB); E = exposição aeróbica da silagem de sorgo; U = níveis de ureia; E x U = efeito da interação entre exposição aeróbica e níveis de ureia; ³EPM = erro padrão da média.

Com relação ao teor de PB das silagens, houve efeito ($P < 0,05$) tanto dos níveis de ureia como dos períodos de exposição aeróbica, sendo verificados maiores valores no nível de 20 g/kg de ureia e no tempo de 72 horas de exposição ao ar.

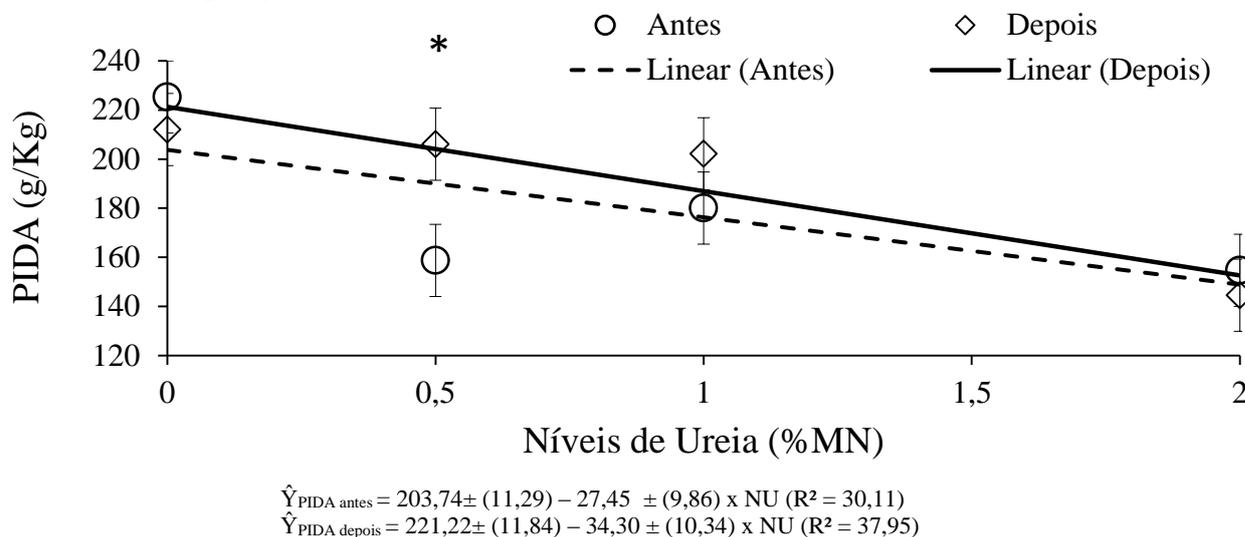
Os teores de FDNcp também foram influenciados ($P < 0,05$) tanto pelos níveis de ureia, como também pelos tempos de exposição ao oxigênio. Sendo assim, houve um aumento nos teores de FDNcp em virtude dos tempos de exposição ao ar, e comportamento quadrático devido aos níveis de ureia aplicados na silagem de sorgo, sendo estimada uma resposta mínima de 717,0 g/kg, com a adição de 10,7 g/kg de ureia.

Não houve efeito ($P > 0,05$) dos níveis de ureia e interação entre os níveis de ureia e os períodos de exposição aeróbica sobre os teores de FDA das silagens de sorgo. Contudo, os tempos de exposição aeróbica influenciaram essa variável ($P < 0,05$), sendo observado que no tempo de 72 horas de exposição aeróbica as silagens apresentaram maiores teores de FDA em comparação ao tempo de 0 horas.

Houve interação ($P < 0,05$) entre os níveis de ureia e os períodos de exposição aeróbica para os teores de PIDA (Figura 1). Dessa forma, à medida que houve aumento dos níveis de ureia foi observada redução do PIDA tanto no tempo 0, como também no tempo de 72 horas de

exposição aeróbica sendo possível verificar que os teores de PIDA somente não foram equivalentes no nível com adição de 5 g/kg de ureia.

Figura 1. Desdobramento das interações para proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) expressa em gramas/quilograma, em silagens de sorgo tratada com níveis de ureia antes e após 72 horas de exposição aeróbica.



Embora não tenha ocorrido interação ($P > 0,05$) entre dos tempos de aerobiose e os níveis de ureia na silagem de sorgo, e dos tempos de aerobiose sobre os valores de PIDN, os níveis de ureia utilizados promoveram efeito quadrático ($P < 0,05$) sobre esta variável, sendo observada uma resposta mínima de 178,6 g/kg quando foi adicionado 16,8 g/kg de ureia. Dessa forma, o comportamento observado pode ser devido à possível incorporação desse aditivo na estrutura da parede celular.

3.2. Perfil fermentativo

A capacidade tampão, assim como os níveis de nitrogênio amoniacal foram influenciados ($P < 0,05$) pelos níveis de ureia e pelos tempos de exposição aeróbica (Tabela 3). Dessa forma, à medida que a ureia foi adicionada na silagem houve efeito linear crescente ($P < 0,05$) na capacidade tampão e nos teores de $N-NH_3$. Por outro lado, menores concentrações destas variáveis foram observadas nas silagens de sorgo submetidas à exposição aeróbica por 72 horas, em comparação ao tempo de 0 horas.

Tabela 3. Valores médios de pH, capacidade tampão (CT), nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$), carboidratos solúveis em água (CHO), recuperação de matéria seca (RMS) de silagens de sorgo tratadas com ureia antes e após o período de 72 horas de exposição aeróbica

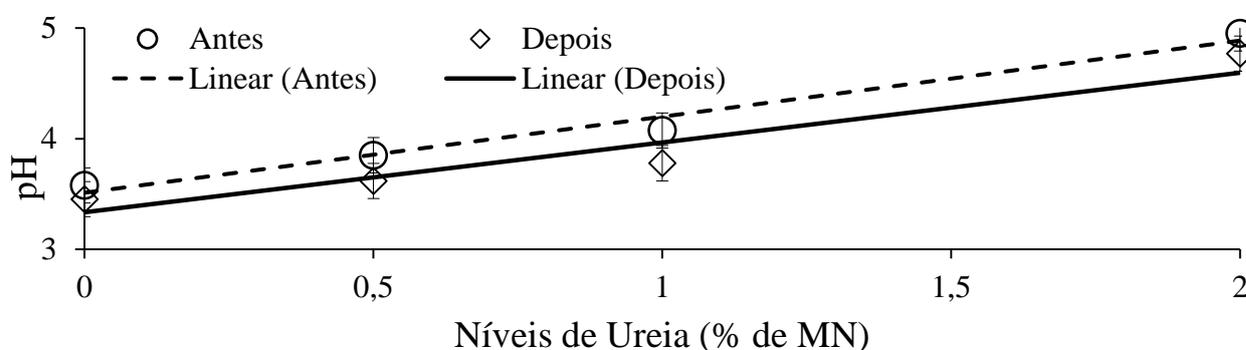
Tempo de exposição aeróbica (horas)	Níveis de ureia (g/kg de MN)	EPM ³	Valor-P
-------------------------------------	------------------------------	------------------	---------

Item	0	72	0	5	10	20		U	E	E x U
pH	4,11	3,89	3,52	3,73	3,93	4,83	0,19	<0,0001	<0,0001	0,0156
CT ¹	78,08	65,84	45,75	58,37	69,64	114,07	3,49	<0,0001	<0,0001	0,3481
N-NH ²	11,93	10,76	2,65	7,42	13,8	22,14	0,47	<0,0001	0,2004	0,5476
CHO	56,0	32,2	58,4	57,2	35,6	25,1	0,23	<0,0001	<0,0001	0,0374
Equações de regressão										
CT ¹	$\hat{Y} = 41.91 \pm (3.10) + 34.38 \pm (2.71) \times \text{NU} \text{ (R}^2 = 80,86)$									
N-NH ₃ ²	$\hat{Y} = 2.96 \pm (0.33) + 0.63 \pm (0.29) \times \text{NU} \text{ (R}^2 = 11,22)$									

¹(e.mg de NaOH/100); ²(%N total); ³ EPM = erro padrão da média; E = exposição aeróbica da silagem de sorgo; U = níveis de ureia; E x U = efeito da interação entre exposição aeróbica e níveis de ureia; P<0,05.

Houve interação (P<0,05) entre os períodos de exposição aeróbica e os níveis de ureia para os valores de pH e teores de carboidratos solúveis em água (Tabela 2). Assim, à medida que houve aumento dos níveis de ureia, foi verificado aumento no pH das silagens tanto no tempo 0 quanto no tempo de 72 horas após o período de exposição aeróbica (Figura 2). Assim, Silagens mais ácidas que apresentaram menores valores de pH foram observadas 72 horas após a exposição ao ar.

Figura 2. Desdobramento das interações de pH em silagens de sorgo tratada com níveis de ureia antes e após 72 horas de exposição aeróbica.

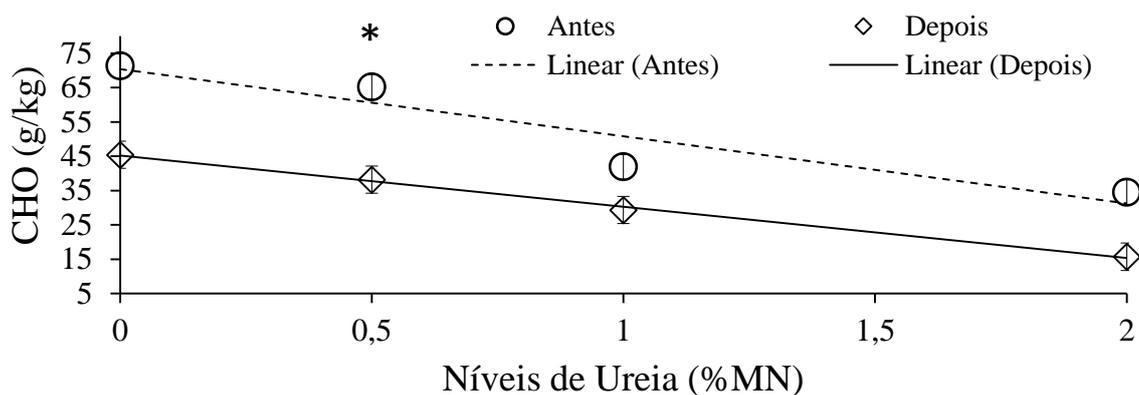


$$\hat{Y}_{\text{pH antes}} = 3,51 \pm (0,11) + 0,69 \pm (0,09) \times \text{NU} \text{ (R}^2 = 75,46)$$

$$\hat{Y}_{\text{pH depois}} = 3,36 \pm (0,12) + 0,63 \pm (0,11) \times \text{NU} \text{ (R}^2 = 37,95)$$

Com relação ao teor de carboidratos solúveis, embora tenha sido verificado interação entre os níveis de ureia e os tempos de exposição aeróbica (P<0,05), o comportamento foi contrário ao que foi visualizado para os valores de pH. Portanto, maiores teores de CHO foram observados na silagem controle submetidas aos tempos 0 e 72 horas de exposição ao ar. Além disso, é possível verificar que houve uma redução foi mais rápida no teor de CHO solúveis em silagens expostas por 72 horas, em relação ao tempo de 0 horas.

Figura 3. Desdobramento das interações de carboidratos solúveis em água (CHO) em silagens de sorgo tratada com níveis de ureia antes e após 72 horas de exposição aeróbica.



$$\hat{Y}_{\text{CHO antes}} = 74,77 \pm (5,37) - 21,45 \pm (4,68) \times \text{NU} \quad (R^2 = 67,99)$$

$$\hat{Y}_{\text{CHO depois}} = 45,25 \pm (1,58) - 14,94 \pm (1,38) \times \text{NU} \quad (R^2 = 92,13)$$

3.4. Perdas fermentativas

Embora não tenha sido observado efeito dos níveis de ureia ($P > 0,05$) sobre as perdas por efluentes, o aditivo promoveu comportamento quadrático sobre as perdas por gases e recuperação de matéria seca ($P < 0,05$). Dessa forma, foi estimado o mínimo valor de perdas por gases de 241,31 g/kg, quando 7,9 g/kg de ureia foi acrescido à silagem de sorgo, enquanto que para a recuperação de matéria seca (RMS), foi verificado uma máxima recuperação de 895,19 g/kg com a adição de 7 g/kg de ureia na silagem do sorgo.

Tabela 4. Perdas por gases (PG), efluentes (PE) e recuperação de matéria seca (RMS) em silagens de sorgo tratadas com ureia

Variável	Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM	Modelo de regressão	
	0	5	10	20		Valor-P	
	L					L	Q
PG ¹	260,2	248,2	239,6	290,0	1,07	0,0776	0,0124
PE ²	2,18	2,82	1,84	1,69	0,35	0,1859	0,3890
RMS ³	880,0	885,9	897,7	831,7	0,62	0,0067	<0,0001
Equações de regressão							
PG ¹ (g/kg)	$\hat{Y} = 261,7(\pm 10,6) - 51,8(\pm 27,1) \times \text{NU} + 32,8(\pm 12,6) \times \text{NU}^2 \quad (R^2 = 40,33)$						
RMS (g/kg)	$\hat{Y} = 877,0(\pm 7,5) + 51,8(\pm 19,0) \times \text{NU} - 36,9(\pm 8,8) \times \text{NU}^2 \quad (R^2 = 75,29)$						

*Significância para o parâmetro linear ou quadrático dos modelos $P < 0,05$; ¹g/kg = gramas/quilograma; ²(kg/ton MV) = kg/ tonelada de matéria verde; ³(g/kg de MS)

3.3. Teores de ácidos acético, propiônico, láctico e etanol

De forma geral, houve um aumento nas concentrações de ácido acético (AA) (Tabela 5) a partir do tratamento com inclusão de 5 g/kg de ureia. No que diz respeito ao efeito do tempo de aerobiose, com exceção da silagem controle, em que o período de 72 horas de exposição ao

oxigênio promoveu menores teores de ácido acético, observa-se que a aerobiose promoveu incremento nas concentrações de AA nas silagens de sorgo.

Com relação aos teores de etanol, de forma geral, com exceção da silagem controle no tempo 0 horas de exposição aeróbica, em que foi verificada a maior concentração de etanol, houve redução das concentrações desse ácido tanto devido ao período de aerobiose, como também em virtude dos níveis de ureia utilizados na silagem de sorgo.

Tabela 5. Concentrações (% da MS) dos ácidos acético, propiônico, etanol e ácido láctico em silagens de sorgo tratadas com ureia antes e após o período de 72 horas de exposição aeróbica

Tempos de exposição aeróbica	Nível de adição de ureia (g/kg de MN)			
	0	5	10	20
		Ácido acético (% da MS)		
antes (0 horas)	0,980	0,840	1,040	2,590
após (72 horas)	0,900	0,910	1,260	2,680
		Ácido propiônico (% da MS)		
antes (0 horas)	0,324	0,219	0,268	0,365
após (72 horas)	0,199	0,250	0,198	0,241
		Etanol (% da MS)		
antes (0 horas)	1,427	0,748	0,523	0,639
após (72 horas)	0,869	0,694	0,520	0,455
		Ácido láctico (% da MS)		
antes (0 horas)	4,792	4,710	5,666	7,838
após (72 horas)	3,965	6,020	7,571	8,627

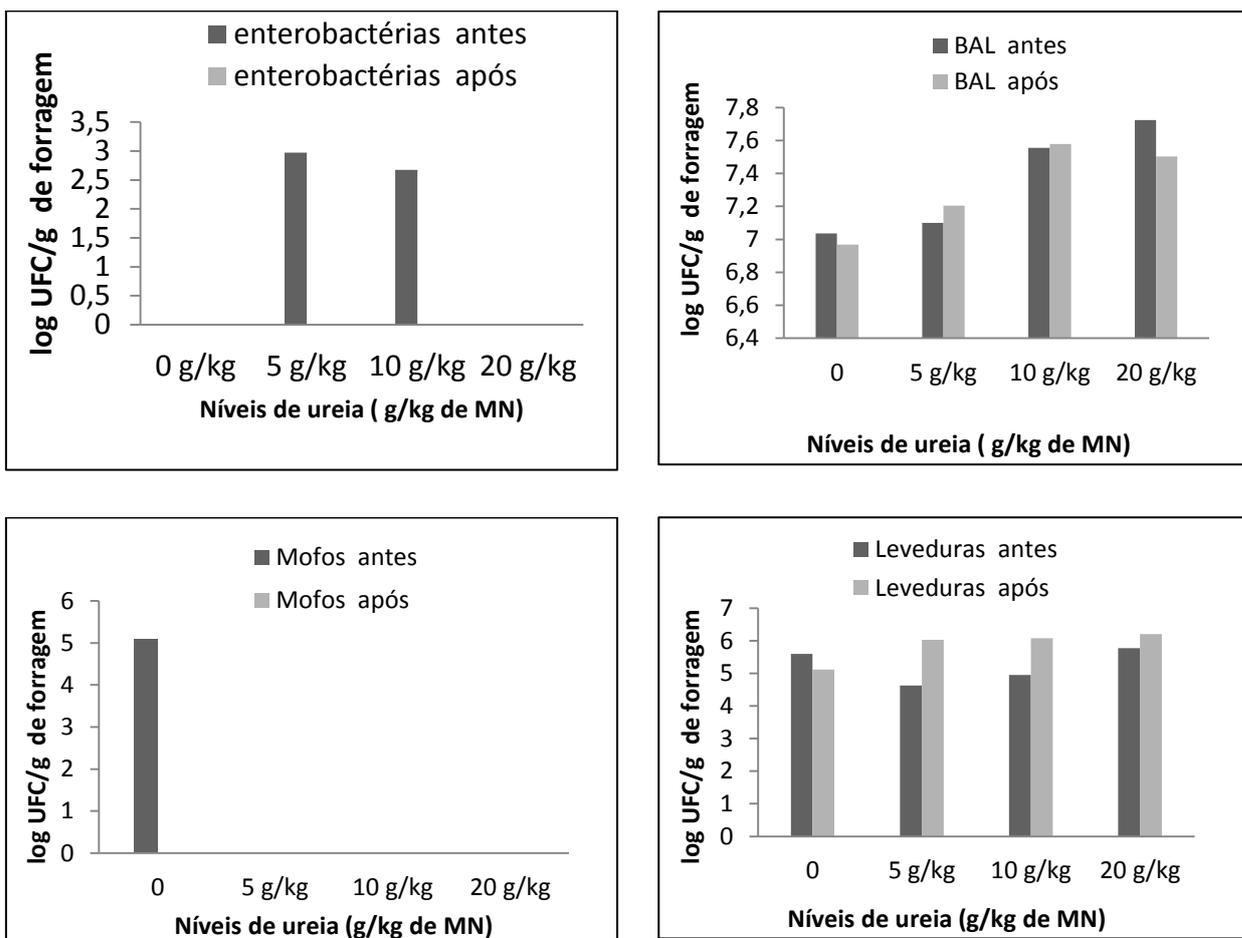
Os níveis de ureia adicionados na silagem de sorgo proporcionaram aumento nas concentrações de ácido propiônico, com exceção da silagem em que houve adição de 10 g/kg de ureia, em que foi verificada uma redução no teor desse ácido orgânico. Somente no tratamento em que houve adição de 5 g/kg de ureia submetida a 72 horas de aerobiose que foi observado aumento nas concentrações deste ácido. Sendo assim, comportamento oposto foi visualizado nos demais níveis de ureia, em que houve decréscimo dos teores deste ácido graxo volátil na silagem.

De forma geral, houve efeito dos níveis de ureia utilizados na silagem de sorgo sobre a produção de ácido láctico, cujos valores variaram de 3,96 a 8,62 (% MS). Além disso, com exceção da silagem controle, em que o teor de ácido láctico no período de 72 horas de exposição aeróbica foi inferior ao tempo de 0 horas, verificou-se que a exposição das silagens durante 3 dias promoveu aumento nos teores de ácido láctico, em comparação às silagens de sorgo no tempo de 0 horas de aerobiose.

3.5. Quantificação das populações microbianas

As populações de bactérias lácticas, leveduras, enterobactérias e mofos foram influenciados tanto pelos níveis de ureia utilizados na silagem de sorgo como também pelos tempos de exposição aeróbica (0 e 72 horas).

Figura 4. Efeito da adição de ureia e exposição aeróbica nas contagens das populações microbianas de enterobactérias(a) bactérias ácido-láticas (BAL) (b), mofos (c) e leveduras (d) em silagens de sorgo.



No período de 0 horas de exposição aeróbica, foram quantificadas as maiores contagens de enterobactérias nos níveis de 5 g/kg e 10 g/kg de ureia (2,97 e 2,68 log UFC/g de forragem, respectivamente), não sendo visualizado crescimento no nível de 20 g/kg e pouco crescimento na silagem controle. Por sua vez, não foi observada a presença de enterobactérias no período de 72 horas de exposição aeróbica tanto na silagem controle, como também naquelas silagens em que foi utilizada a ureia.

As populações de bactérias ácido lácticas nos níveis em que não houve inclusão de ureia, e com 2 g/kg de aditivo apresentaram decréscimo nas contagens em virtude dos períodos de exposição aeróbica. Todavia, comportamento oposto foi verificado quando 5 g/kg de ureia foi adicionada à silagem de sorgo, cujos valores variaram de 7,10 para 7,21 log UFC/g de forragem. Além disso, no momento em que houve inclusão de 10 g/kg de ureia as contagens dessa população apresentaram-se muito próximas nos tempos 0 e 72 horas (7,56 e 7,58 log UFC/g de forragem), respectivamente.

Embora tenha ocorrido maior crescimento de mofos na silagem controle, em comparação aos demais tratamentos com inclusão de ureia, no período de 0 horas de exposição ao oxigênio, após 72 horas de exposição aeróbica independente do tratamento não foi verificada contagem da população de mofos.

No que diz respeito à população de leveduras, foi constatada uma redução na contagem dessa população comparando o período de 0 horas com 72 horas de exposição aeróbica. Entretanto, nos demais níveis de ureia avaliados verificou-se aumento das contagens da população de leveduras nas silagens de sorgo. Diante dos resultados observados neste estudo, é possível inferir que os níveis de ureia utilizados na silagem de sorgo propiciaram maior crescimento das bactérias ácido-lácticas, seguido das leveduras tendo promovido menores desenvolvimentos dos mofos e enterobactérias, antes e após 72 horas de exposição aeróbica da silagem.

3.6. Ensaio de estabilidade aeróbica

Não houve quebra da estabilidade aeróbica das silagens, de acordo com a metodologia utilizada neste estudo. As temperaturas das silagens em estudo podem ser consideradas estáveis, uma vez que não ultrapassaram 2°C a temperatura ambiente durante os três dias de exposição aeróbica.

Em determinados momentos do dia a diferença entre a temperatura da silagem e a temperatura ambiente foi superior a 2°C, indicativo de quebra de estabilidade aeróbica da silagem. Contudo, ainda assim, neste estudo é possível afirmar que não houve instabilidade da qualidade da silagem de sorgo tratadas com níveis de ureia ao longo de 72 horas de exposição. Esse comportamento pode ser justificado através do acompanhamento da variação das temperaturas das silagens ao longo do tempo, em todas as silagens. Caso tivesse ocorrido quebra da estabilidade, seriam constatados picos nas temperaturas das silagens. Porém, foi verificada somente queda na temperatura ambiente em quase todas as silagens em determinados horários do dia que possivelmente apresentaram temperaturas mais frias.

Não foi observada diferença na temperatura média (°C) entre a silagem de sorgo controle em comparação as silagens tratadas com até 20 g/kg de ureia. Contudo, a média de temperatura máxima apresentou diferença entre os tratamentos estudados, onde foi observada a máxima temperatura de 24,5°C quando 20 g/kg de ureia foi adicionada à silagem de sorgo, e a mínima temperatura nas silagens tratadas com 0,5 e 1,0% de ureia. Com relação à média de máximo aquecimento, nesse trabalho os níveis de ureia utilizados não exerceram efeito suficiente de modo que fosse verificada uma diferença nesta variável entre os tratamentos estudados, cujos valores médios foram de 23,5°C.

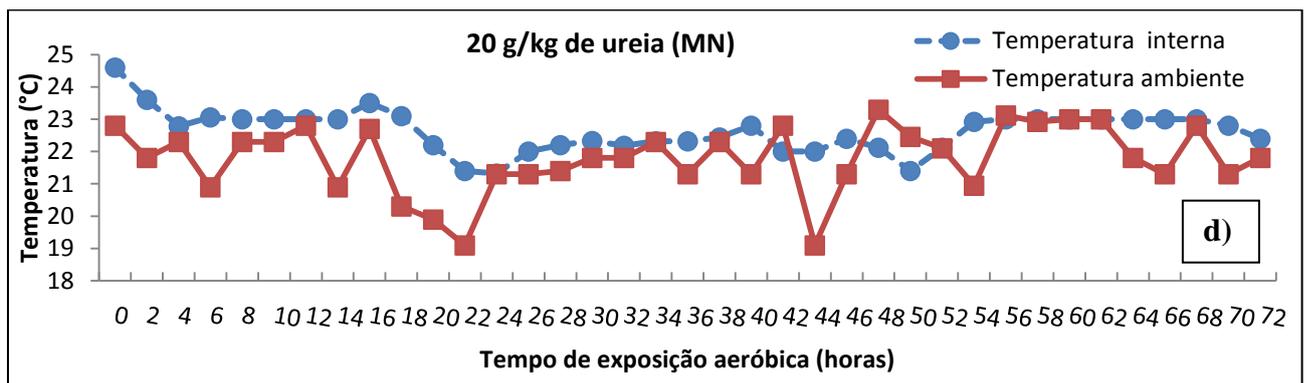
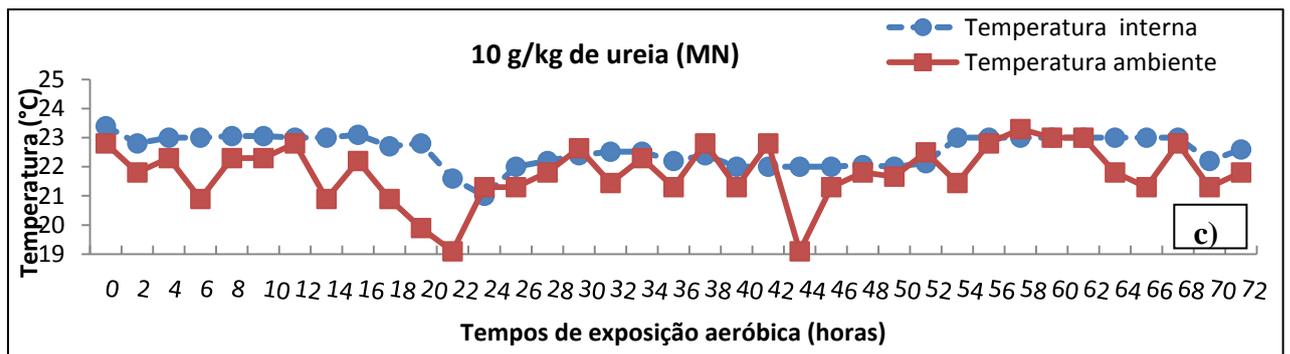
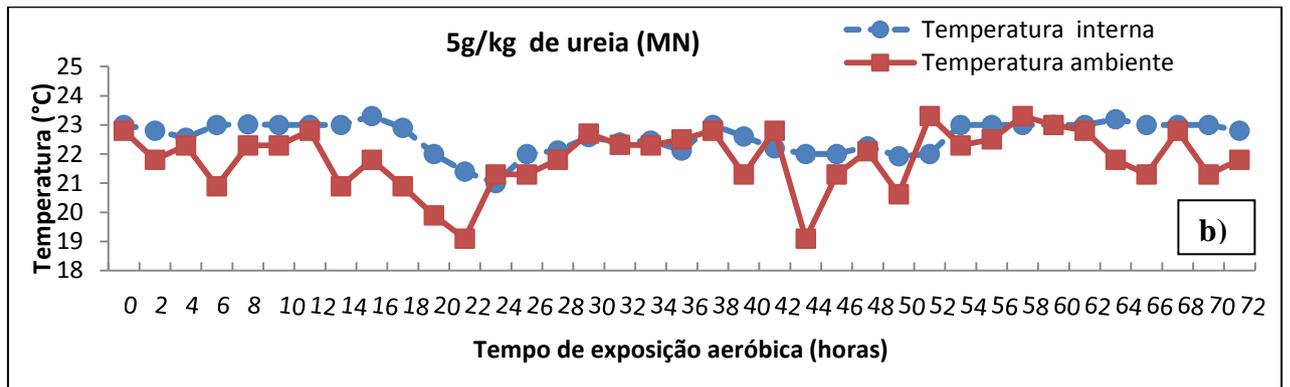
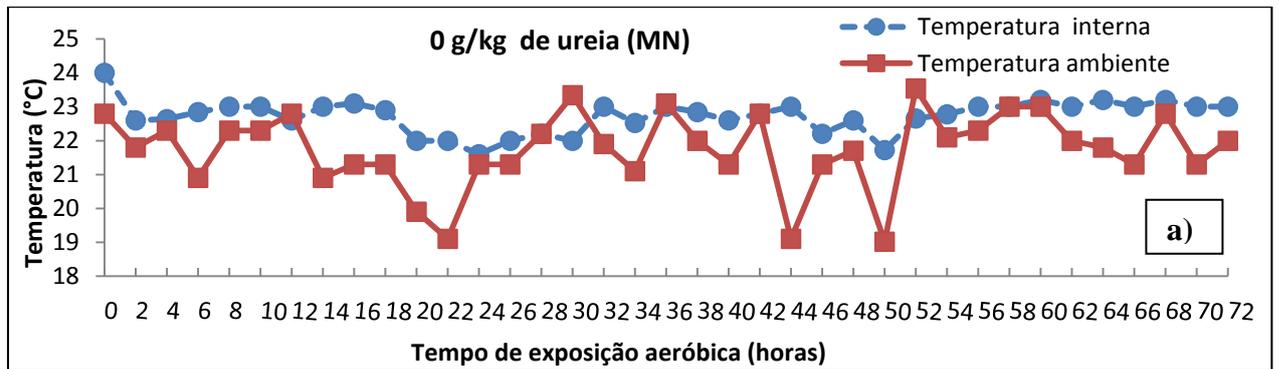
Tabela 6. Variações de temperatura (°C) em silagens de sorgo tratadas com ureia antes e após o período de 72 horas de exposição aeróbica

Variáveis	Níveis de ureia (g/ kg MN)			
	0	5	10	20
Temperatura média (°C)	23,0	23,0	23,0	23,0
Média de temperatura máxima (°C)	24,0	23,5	23,5	24,5
Aquecimento médio (°C) (72h)	0,9	0,7	0,7	0,7
Média de máximo aquecimento (°C)	23,5	23,5	23,5	23,5
Estabilidade aeróbica (horas)	>72	>72	>72	>72

Quanto à velocidade de deterioração das silagens após exposição ao ar, o tratamento com ureia nas silagens de sorgo resultou em 72 horas de incremento em estabilidade, assim como foi verificado na silagem controle em que não houve inclusão deste aditivo. Todavia, esperava-se que a silagem controle apresentasse menor estabilidade aeróbica em comparação às demais silagens em que houve o uso da ureia em virtude deste aditivo ser considerado inibidor do processo fermentativo.

Diante do resultado observado, é possível inferir que silagens de sorgo tratadas com ureia apresentaram estabilidade aeróbica similar à silagem de sorgo controle, uma vez que no período avaliado não foi constatada deterioração e aumento da temperatura da silagem em nenhum dos tratamentos. Assim, apesar de ter sido observado crescimento de leveduras no tempo de 72 horas de exposição aeróbica, possivelmente o crescimento não foi suficiente para promover deterioração das silagens durante o período avaliado de modo que houvesse aumento de 2°C da massa ensilada, em comparação à temperatura ambiente.

Figura 5. Comportamento temporal da temperatura interna das silagens de sorgo tratadas com 0 (a), 5 g/kg (b), 10 (c) e 20 (d) g/kg de ureia e da temperatura ambiente avaliadas ao longo do período de 72 horas de exposição aeróbica.



4.DISSCUSSÃO

4.1. Composição químico-bromatológica

Os níveis de aditivos utilizados na ensilagem, e os tempos de aerobiose não influenciaram de forma negativa sobre o teor de MS, haja vista que os valores médios observados são superiores aos descritos por McDonald et al. (1991) para a produção de uma silagem de boa qualidade pois é indicado que esse percentual deve estar acima de 25% (250 g/kg), associados a um adequado nível de carboidratos solúveis. Ainda segundo os autores, o teor de MS da planta é importante no processo de ensilagem, pois é considerado um dos fatores determinantes do tipo de fermentação que se desenvolverá dentro do silo.

Á medida que houve inclusão de ureia nas silagens de sorgo foi observado incremento dos níveis de proteína bruta do material. Esse resultado já esperado uma vez que a ureia pelo fato de ser constituída nitrogênio não-proteico possibilita o incremento dos teores de PB em forragens conservadas. Assim, possivelmente houve retenção do nitrogênio na silagem através da atividade ureolítica, que transforma a ureia em amônia e, conseqüentemente, a retém no material conforme descrito por Schmidt et al. (2003).

Além de diversos benefícios que são destacados devido ao uso da ureia no processo de ensilagem, esse aditivo também pode atuar de forma benéfica na porção fibrosa da forragem ensilada, devido a dois processos principais, a ureólise e a amoniólise. No processo de ureólise, acontece uma reação enzimática em que ocorre a liberação da amônia através da hidrólise da ureia (Willians et al., 1984; Neumann et al., 2010); já na amoniólise, a amônia interage com as ligações do tipo éster existentes entre as cadeias de hemicelulose e entre os grupos de carboidratos ou moléculas de carboidratos e lignina, resultando na formação de uma amida (FADEL et al., 2003).

A ureia, além de ser classificada com um aditivo químico inibidor de fermentações secundárias, segundo destacado por Rosa e Fadel (2001) é bastante utilizada na amonização de forragens devido à facilidade de sua aplicação, pelo fato de não ser uma substância poluente e fonte de nitrogênio não proteico. Além disso, segundo os autores, a ureia ainda tem o potencial de promover redução na porção fibrosa do alimento (FDN), favorecendo a solubilização parcial da hemicelulose, o que por sua vez influencia no aumento do consumo e digestibilidade das silagens, além de conservação de forragens com alto teor de umidade.

De acordo com Garcia & Pires (1998), são variáveis os efeitos da amonização sobre os teores de FDA, de celulose e de lignina sendo observados aumentos, reduções ou inalterações nos teores dessas frações. Neste estudo, foi verificada redução no teor de FDN e efeito quadrático sobre o FDA, indicando assim que essas frações não apresentaram o mesmo comportamento devido ao uso da ureia, corroborando o que foi mencionado anteriormente.

O efeito dos níveis de ureia nos teores de PIDN das silagens podem ser atribuídos as reações de amonólise, que segundo Buettner et al. (1982) estão associadas com a incorporação do nitrogênio à fração da fibra em detergente neutro.

4.2. Perfil fermentativo

O aumento do pH da silagem de sorgo à medida que houve inclusão da ureia já era esperado e corrobora com a ação tamponante associada ao uso desse aditivo, que promove a produção de amônia, a qual segundo descrito por Shirley et al. (1972), atua impedindo a acidificação do meio. Conforme mencionado por Carvalho et al. (2006), a elevação do pH em materiais submetidos a amonização pode ser atribuída ao fato de a amônia ser uma base com alta capacidade tamponante, que atua evitando, portanto, que a produção de ácido provoque queda acentuada do pH.

A adição de ureia, que sob ação da urease é transformada em hidróxido de amônia, o qual é considerado um ácido fraco, que segundo Kung Jr. et al. (2003) causa um efeito tampão mesmo na presença de grande quantidade de ácido láctico.

Neste estudo, o aumento da capacidade tampão nas silagens de sorgo é decorrente da adição de ureia na silagem de sorgo, e presença de amônia, que atua agindo de forma tamponante impedindo a redução do pH. Esse comportamento ratifica o que foi descrito por McDonald et al. (1991), Muck et al. (1991) e Buxton, O'Kiely (2003), pois esta é dependente da composição da planta, sendo levado em consideração fatores como teor de proteína bruta, íons orgânicos (cálcio, potássio e sódio), assim como a presença de ácidos orgânicos como fosfórico, málico, glicérico entre outros. Como mencionado, os ácidos orgânicos e seus sais são os constituintes tamponantes mais importantes das plantas, sendo a fração aniônica de culturas forrageiras, representada pelos ácidos orgânicos, sulfatos, nitratos e cloretos (60-80% dos constituintes tamponantes na silagem), enquanto as proteínas vegetais, representam somente a 10-20% (WOOLFORD, 1984).

Embora não tenha sido observado efeito da exposição ao oxigênio sobre os teores de N-NH₃, segundo mencionado por Guim et al. (2002), decréscimos na concentração desse composto após abertura dos silos podem ser devido à volatilização da amônia ou à imobilização de nitrogênio pelos fungos miceliares. Neste estudo, possivelmente isso é decorrente com o fato da amônia ser uma substância volátil. Com relação ao efeito da ureia sobre o teor de N-amoniaco, o resultado ratifica o que foi observado por outros autores pois a elevação dos valores de N-NH₃ comumente é descrita em silagens produzidas com a adição de ureia, em relação às silagens produzidas sem ureia (SINGH & PANDITA, 1983; HINDS et al., 1985; NEIVA et al., 1998).

De acordo com os autores, este comportamento pode ser justificado pela adição de fonte de amônia.

Conforme Woolford (1984) e McDonald et al. (1991), na classificação quanto ao teor de nitrogênio amoniacal em relação ao nitrogênio total, consideraram a silagem como muito boa quando os valores foram inferiores a 10%; aceitável, de 10 a 15%; e insatisfatória, quando os valores se situaram acima de 20%. Nesse aspecto, menores teores de nitrogênio amoniacal indicam menor intensidade de proteólise durante o processo de fermentação, em decorrência de menor atuação de bactérias do gênero *Clostridium* e, conseqüentemente, da menor produção de ácido butírico. Contudo, neste estudo os valores de N-amoniacal embora sejam elevados em relação ao nitrogênio total não podem ser indicativos para classificar as silagens como insatisfatórias haja vista que as silagens produzidas foram tratadas com ureia, e conseqüentemente, adição de fonte de amônia que causa incremento no teor de nitrogênio não-proteico (SILVEIRA, 1975).

Apesar de apresentar os principais atributos desejáveis para o processo de ensilagem, o sorgo forrageiro possui elevado teor de carboidratos solúveis, cujos valores variam de 9,6 a 14,5% segundo Pedreira et al. (2003), o que favorece o crescimento de leveduras, mofos e enterobactérias, em virtude do excesso de substratos para seu desenvolvimento, pois conforme vários estudos sabe-se que teores de 6 a 8% de carboidratos solúveis são suficientes para que exista uma adequada fermentação microbiana (RODRIGUES et al., 2002). Portanto, a elevada quantidade de açúcares solúveis pode resultar em elevados teores de ácido láctico e teores de carboidratos solúveis residuais, podendo promover redução demasiada do pH, com valores próximos de 3,0 (OLIVEIRA et al., 2010), podendo haver predominância de leveduras, que resulta em fermentação alcoólica, podendo ocorrer elevadas perdas de matéria seca e baixa estabilidade aeróbica da silagem.

4.3. Teores de ácidos orgânicos, etanol e láctico

Segundo McDonald et al. (1991), a concentração de ácido acético nas silagens varia de 1,0 a 10,0% da MS e em silagens bem conservadas de 2,0 a 5,0% da MS. Neste trabalho, foram verificados valores de ácido que variaram de 0,840% a 2,683% da MS. Sendo assim, a adição de ureia na silagem de sorgo possibilitou que houve produção deste ácido que foram próximos aos descritos pelos autores acima mencionados.

As concentrações de ácido propiônico neste estudo encontram-se dentro de faixa estabelecida (<0,50% da MS) por Roth e Undersander (1995), pois variaram de 0,198 a 0,365% da MS nas silagens tratadas com ureia e submetidas à 72 horas de exposição ao oxigênio. O

propionato, assim como o ácido acético, possui princípios antifúngicos (KUNG Jr. et al., 2003) desempenhando importante papel no controle de leveduras nas silagens o que possivelmente podem ter contribuído de forma sinérgica juntamente com o uso da ureia para a menor produção de etanol verificada neste estudo.

O teor de ácido láctico (%MS) para uma silagem ser considerada de muito boa qualidade ainda de acordo com Roth e Undersander (1995) deve estar entre 4 a 6%, e segundo Rodrigues et al. (1999), o teor deve estar acima de 5%. De forma geral, levando-se em consideração os valores anteriormente mencionados, é possível inferir que houve uma satisfatória produção de ácido láctico nas silagens de sorgo tratadas com ureia antes e após a exposição do oxigênio, pois foram verificados valores médios que variaram de 3,965 a 8,62 (% MS).

O conteúdo de ácido acético, sendo Muck e Bolsen (1991) está associado a menores taxas de redução e maiores valores de pH final nas silagens, correspondendo principalmente a ação prolongada de BAL heterofermentativa a enterobactérias. Baixos níveis desse ácido, segundo descrito por Pinho et al. (2015) são associados com a rápida acidificação do meio, devido a sua susceptibilidade a baixos valores de pH.

No que diz respeito aos teores de ácido acético, os autores destacaram a ausência de mudança linear nos níveis desse ácido graxo, mesmo tendo sido utilizados os níveis crescentes de ureia e melaço na silagem de sorgo. Por outro lado, embora tenha sido verificada uma diferença significativa entre a silagem controle (sem aditivo) e as silagens com 1,5% de ureia + 10% de melaço, e 5 g/kg de ureia + 10% de melaço com relação às concentrações de ácido propiônico, nenhuma diferença nos demais tratamentos foi verificada sobre esse ácido graxo. Sendo assim, concluiu-se que níveis crescentes de ureia não exerceram efeito sobre os níveis de ácido propiônico.

Em uma série de seis estudos conduzidos em silos elaborados a campo, Bolsen et al. (1992) observaram que a amônia anidra adicionada em um nível de 3,5-4,0 kg/tonelada ou ureia em uma quantidade de 5,0 kg por tonelada, (com base na matéria natural) aumentaram o valor de pH, conteúdos de ácido láctico e acético, e perda de MS tanto na silagem de milho e sorgo.

4.4. Perdas fermentativas

Neste estudo, somente a perda por efluentes não foi influenciada pelos níveis de ureia possivelmente pelo fato do material ter sido ensilado no momento em que apresentava adequados teores de MS. Assim, não foi houve lixiviação de componentes solúveis, nem perdas significativas de MS, PB e demais nutrientes. Todavia, houve efeito nas perdas por gases e recuperação de matéria seca. De acordo com Gimenes et al. (2006), a abertura do silo e a

exposição da silagem ao oxigênio promovem perdas que estão relacionadas ao metabolismo de açúcares e ácidos orgânicos em virtude da ação de bactérias e leveduras, que conseqüentemente promovem perdas na matéria seca.

McDonald et al. (1991) relata que outras vias comuns de perdas de matéria seca são a produção de efluentes e a perda por água resultante de reações metabólicas. Ainda, conforme esses autores, a produção de etanol pelas leveduras é acompanhada pela perda acentuada de matéria seca dos substratos na forma de CO₂ e H₂O. Portanto, a ureia não foi eficaz para impedir perdas e comprometimento no valor nutritivo quando utilizada na ensilagem de sorgo. Assim, os resultados encontrados são indicativos de atividade de microrganismos indesejáveis, como leveduras, que atuam convertendo carboidratos solúveis em CO₂, dentre outros produtos (SIQUEIRA et al., 2007).

4.5. Populações microbianas da silagem

Possivelmente a ausência de crescimento de enterobactérias após a exposição aeróbica podem ser justificadas pelo fato das silagens não terem apresentado valores de pH elevados, condição que dificulta a multiplicação desses microrganismos (PINHO et al., 2016).

Com relação à contagem de enterobactérias não foi detectada a presença dessa população bacteriana nas silagens com adição de ureia logo após a abertura dos silos, sendo encontradas apenas nas silagens sem a utilização do aditivo. Além disso, posteriormente ao período de 12 horas de abertura, as populações foram encontradas em quantidades reduzidas nas silagens com adição de ureia.

As silagens sem adição de ureia apresentaram maior contagem de populações de leveduras (6,27 UFC/g forragem) após 24 horas de abertura dos silos e de fungos filamentosos no momento de abertura e após 48 horas de exposição ao ar (4,71 e 7,09 UFC/g de forragem, respectivamente). Assim, foram verificadas em maiores perdas de nutrientes, haja vista que as leveduras consomem carboidratos solúveis e ácido láctico convertendo basicamente em álcool e CO₂, podendo causar perdas de até 48,9% de MS e 0,2% de energia (McDonald et al., 1991).

A utilização da ureia como fonte de amônia, segundo descrito na literatura científica demonstra controle sobre populações leveduras, pois sua inclusão no processo de ensilagem de forragens com alto teor de carboidratos solúveis é uma alternativa que visa o melhor controle do pH das silagens, em virtude de atuar impedindo a redução rápida do pH e desenvolvimento de microrganismos indesejáveis como leveduras e fungos filamentosos devido sua atividade antimicrobiana (Neumann et al., 2010; Santos et al., 2010) conseqüentemente reduzindo a produção de etanol e as perdas de MS e carboidratos solúveis. Além dos benefícios mencionados,

apresenta efeito positivo no teor de proteína bruta da silagem, incrementando o valor nutritivo do produto final (VIEIRA et al., 2004; FERNANDES et al., 2009).

De acordo com Lopez et al. (1970), a amônia liberada nas reações dentro do silo é uma substância volátil e a alta produção de ácidos orgânicos pode ser benéfica em converter amônia a produtos menos voláteis como sais de amônio: lactato de amônio e acetato de amônio, disponibilizando posteriormente o nitrogênio aplicado (SCHMIDT et al., 2007).

Sendo assim, o uso deste aditivo em silagens, devido à formação do hidróxido de amônio (NH_4OH) que é uma base fraca e faz com que haja incremento do pH agindo sobre o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (KUNG Jr. et al., 2003).

Pelo fato da produção de amônia estar associada com uma ação antimicrobiana, inibindo o desenvolvimento de leveduras e mofos, isso reflete na diminuição da produção de etanol, gerando menores perdas de matéria seca e carboidratos solúveis (Schmidt, 2006), além de promover estabilização da massa ensilada e estimular a fermentação láctica,

O aumento da temperatura da forragem em aerobiose, segundo (Woolford, 1978) é devido ao crescimento de microrganismos aeróbicos e envolve utilização de ácidos orgânicos e outros nutrientes solúveis como fonte de energia, resultando em perda de nutrientes.

4.6. Estabilidade aeróbica

Segundo Neumann et al. (2010), os aditivos químicos inibidores ou preservadores são substâncias que atuam no controle das reações bioquímicas da silagem e funcionam sem distinção em todos os processos na ensilagem, agindo sobre microrganismos e fermentações indesejáveis, como o crescimento aeróbio ou proteólise secundária.

Conforme descrito por Siqueira et al. (2005), quando se trata de avaliações na abertura dos silos, nem sempre se pode considerar que a primeira silagem a quebrar a estabilidade aeróbica (exemplo, 2°C acima da temperatura de referência) possa ser considerada a mais instável; devem ser considerados também a temperatura acumulada, a máxima temperatura observada, o tempo para alcançar a máxima temperatura e a taxa de elevação da temperatura, que é determinada por meio da variação dos °C, em relação ao tempo necessário para alcançar a máxima temperatura.

Incremento de temperatura da forragem em aerobiose, devido à respiração da planta e/ou crescimento de microrganismos aeróbicos segundo Woolford (1978), envolve utilização de ácidos orgânicos e outros nutrientes solúveis como fonte de energia, resultando em perda de nutrientes.

A exposição ao oxigênio da silagem transformando o meio anaeróbio em aeróbio, segundo Amaral et al. (2008) pode promover mudanças em sua composição química, alterando seu valor

nutritivo, pois devido à população de microrganismos que estavam em dormência (bactérias e leveduras e, posteriormente a ação de bolores) e, oportunamente, com o oxigênio iniciaram intensa atividade metabólica, há uma redução nos componentes solúveis da silagem, que são utilizados como substratos por esses microrganismos (Vieira et al., 2004), podendo até ser degradada parte da porção fibrosa do alimento pela microbiota fúngica. Assim, o desenvolvimento de microbiota fúngica nas silagens deve ser inibido, não somente pelo fato de estar associado com a hidrólise de açúcares e ácido láctico através da respiração, como também pelo fato de metabolizar celulose e outros componentes da parede celular, além de produzir toxinas prejudiciais aos animais e ao homem (GUIM et al., 2002).

5. CONCLUSÕES

A inclusão de até 20 g/kg de ureia não reduz perdas fermentativas. Além disso, no período avaliado todas as silagens apresentam estabilidade aeróbica, mesmo sem a utilização da ureia na silagem de sorgo. Apesar de promover modificações nas produções de ácidos orgânicos e nas populações microbianas, a ureia nos níveis avaliados não inibe de crescimento de leveduras antes e após 72 horas de exposição aeróbica. Diante dos resultados obtidos, é possível concluir que não é recomendado o uso da ureia na ensilagem do sorgo com ureia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, R.C.; BERNARDES, T.F.; SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A. Estabilidade aeróbica de silagens de capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.6, p.977-983, 2008.
- AOAC. 2002. Official methods of analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of analysis. 12.ed. Washington, (1990). 1094p.
- BEHLING NETO, A., REIS, R. H. P.; CABRAL, L. S.; ABREU, J. G.; SOUSA, D. P.; PEDREIRA, B. C.; MOMBACH, M. A.; BALBINOT, E.; CARVALHO, P.; CARVALHO, A. P. S. Fermentation characteristics of different purposes sorghum silage. **Semina: Ciências Agrárias**, v..38, p. 2607-2617, 2017.
- BERGEY'S MANUAL FOR SYSTEMATIC BACTERIOLOGY. Baltimore, 4 ed., 1986. (De Man, Rogosa e Sharpe, 1960),
- BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, C.R.; FEYERHERM, A.M.; URBAN, J. E.; AIMUTIS, W.R. Effects of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfafa and corn silages. **Journal of Dairy Science**. v.75, p.3066-3083, 1992.
- BUETTNER, M.R.; LECHTENBERG, V.L.; HENDRIX, K.S.; HERTEL, J. M. Composition and digestion of ammoniated tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb) hay. **Journal of Animal Science**. v.54, n.1, p.173-178, 1982.
- Buxton, D. R.; O'Kiely, P. Preharvest plant factors affecting ensiling. **Silage science and technology**. n.42, p.199-250, 2003.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; SILVA, H.G.O.; VELOSO, C.M.; SILVA, R.R. Methodological aspects of chewing activity of dairy goats fed cocoa meal or palm cake. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.1, p.103– 110, 2007.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.; VELOSO, C.M.; MAGALHÃES, A.F.; FREIRE, M.A.L.; SILVA, F.F. da; SILVA, R.R.; CARVALHO, B.M.A.de. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.125-132, 2006.
- CASTLE, M.E.; WATSON, J.N. The relationship between the M.D. content of herbage for silage making and effluent production. **Journal of the British Grassland Society**. v.28, p.135-138, 1973.
- CHANEY, A.L.; MARBACH, E.P. Modified reagents for determination of urea and ammonia. **Clinical Chemistry**, v.8, n.2, p.130-137, 1962.
- CORSATO, C.E.; SCARPARE FILHO, J.A.; SALES, E.C.J. Teores de carboidratos em órgãos lenhosos do caquizeiro em clima tropical. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.2, p. 414-418, 2008.
- Demirel M, Deniz S, Yilmaz I, Nursoy H. The effect of adding urea plus molasses in some sorghum varieties harvested at dough stage on silage quality and dry matter yield. **The Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**. v.24, n.1, p.7-16, 2003.
- DETMANN, E.; PINA, D.S.; VALADARES FILHO, S.C.; CAMPOS, J.M.S; PAULINO, M.F.; OLIVEIRA, A.S.; SILVA, P.A.; HENRIQUES, L.T. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.5, p.2101-2109, 2006a.

- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; HENRIQUES, L. T.; PINA, D. S.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CHIZZOTTI, M. L.; MAGALHÃES, K. A. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.4, p.1479-1486, 2006c.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; HENRIQUES, L.T.; PINA, D.S.; PAULINO, M.F.; MAGALHÃES, A.L.R.; FIGUEIREDO, D.M.; PORTO, M.O.; CHIZZOTTI, M.L. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.36, n.1, p.155-164, 2007.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S.C.; PINA, D.S.; CAMPOS, J.M.S.; PAULINO, M.F., OLIVEIRA, A.S.; SILVA, P.A. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.35, n.4, p.1469-1478, 2006b.
- DUBOIS, M.; GILLES, K.A.; HAMILTON, J.K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Biochemistry**. v.28, n.3, p.350-356, 1956.
- FADEL, R.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P.; OLIVEIRA, J. D. S. Avaliação de diferentes proporções de água e de ureia sobre a composição bromatológica da palha de arroz. **Ciência Animal Brasileira**. v.4, n.2, p.101-107, 2003.
- FERNANDES, F. E. P.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; PEREIRA, O. G.; CARVALHO, G. G. P.; OLIVINDO, C. S. Sorghum forage ensilage with addition of urea in two storage periods. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.11, p.2111-2115, 2009.
- FREITAS, P. M. D. D., CARVALHO, G. G. P. D., SANTOS, E. M., ARAÚJO, G. G. L., OLIVEIRA, J. S. D., PIRES, A. J. V., MARANHÃO, C. M. A.; RODRIGUES, T. C. G. C.; PINTO, L. F. B. Qualitative parameters of pearl millet silage ammoniated with urea, at different compaction densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.52, n.8, p.679-689, 2017.
- GARCIA, R.; PIRES, A.J.V. Tratamento de volumosos de baixa qualidade para utilização na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NACIONAL DOS ESTUDANTES DE ZOOTECNIA, 1998, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Associação Mineira dos Estudantes de Zootecnia, 1998. p.33-61.
- GIMENES, A.L. de G.; MIZUBUTI, I.Y.; MOREIRA, F.B.; PEREIRA, E.S.; RIBEIRO, E.L. de A.; MORI, R.M. Composição química e estabilidade aeróbica em silagens de milho preparadas com inoculantes bacteriano e/ou enzimático. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**. v.28, p.153-158, 2006.
- GONZÁLEZ, G.; RODRÍGUEZ, A.A. Effect of storage method on fermentation characteristics, aerobic stability and forage intake of tropical grasses ensiled in round bales. **Journal of Dairy Science**. v.86, n.3, p.926-933, 2003.
- GUIM, A.; ANDRADE, P.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; FRANCO, G.L.; RUGGIERI, A. C.; MALHEIROS, E. B. Estabilidade aeróbica de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurchecido e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.6, p.2176-2185, 2002.
- GÜNEY, M.; DEMIREL, M.; ÇELİK, S.; BAKICI, Y.; LEVENDOĞLU, T. Effects of urea, molasses and urea plus molasses supplementation to sorghum silage on the silage quality, in vitro

organic matter digestibility and metabolic energy contents. **Journal of Biological Sciences**. v.7, p.401-404, 2007.

HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**. v.45, n.1, p.35-56, 1993.

HINDS, M.A.; BOLSEN, K.K.; BRETHOUR, J. et al. Effects of molasses/urea and bacterial inoculant additives on silage quality, dry matter recovery, and feeding value for cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.12, n.3, p.205-214, 1985.

ITAVO, L.C.V.; ITAVO, C.C.B.F.; MORAIS, M.G. DIAS, A. M.; COELHO, E. M.; JELLER, H.; SOUZA, A. D. V. Composição química e parâmetros fermentativos de silagens de capim elefante e cana de açúcar tratadas com aditivos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**. v.11, n.3, p.606-617, 2010.

KUNG JUNIOR., L.; STOKES, M.R.; LIN, C.J. Silage additives. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.305-360.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M. VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**. v.57, n.4, p.347-358, 1996.

LOPEZ, J.; JORGENSEN, N.A.; LARSEN, H.J.; NIEDERMEIER, R. P. Effect of nitrogen source, stage of maturity, and fermentation time on pH and organic acid production in corn silage. **Department of Dairy Science**. University of Wisconsin. 1970.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. The biochemistry of silage. **Marlow:Chalcombe**. 2. ed. 1991. 340p.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**. v.80, p.1463-1481, 1997.

MUCK, R. E.; BOLSEN, K. K. Silage preservation and silage additive products. In: BOLSEN, K.; BAYLOR, J. E.; McCULLOUGH, M. E. **Field guide for hay and silage management in North America**. West Des Moines: National Feed Ingredients Association, 1991. p. 105-126.

NASCIMENTO, T. V. C.; CARVALHO, G. G. P.; FREITAS JÚNIOR; J. E.; SOUZA, W. F. Volumosos tratados com aditivos químicos: valor nutritivo e desempenho de ruminantes. **Archivos de Zootecnia**, v.65, n. 252, 2016.

NEIVA, J.N.M.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; SILVA, F.C.; PIRES, A.J.V.; PEREIRA, O.G. Características fermentativas das silagens de milho amonizadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.3, p.461-465, 1998.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, R.M.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; REINERH, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.2, 2010.

OLIVEIRA, L.B.; PIRES, A.J.V.; CARVALHO, G.G.P.; RIBEIRO, L. S. O.; ALMEIDA, V. V.; PEIXOTO, C. A. M. Perdas e valor nutritivo de silagens de milho, sorgo-sudão, sorgo forrageiro e girassol. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.1, p. 61-67. 2010.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, A.C.; REGAZZI, A. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre teores de compostos nitrogenados e retenção de nitrogênio na palhada de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.672-682, 1995.

PEDREIRA, M.S.; REIS, R. A.; BERCHIELLI, T. T.; MOREIRA, A. L.; COAN, R. M. (L.). Características agronômicas e composição química de oito híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor Moench*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1083-1092, 2003.

PEDROSO, A.F.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F.; LOURES, D.R.S.; IGARASI, M.S.; COELHO, R. M.; PACKER, I.H.; HORII, J.; GOMES, L.H. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Scientia Agrícola**, v.62, n.5, p.427-432, 2005.

PEREIRA, A. C., SILVA, R., GONÇALVES, L. C., BORGES, A., BORGES, I., GOMES, S. P., RODRIGUES, J.A.S.; SALIBA, E.O.S.; FERREIRA, J.J.C.; SILVA, J. J. Avaliação da silagem do híbrido de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) BR 601 com aditivos 1 pH, nitrogênio amoniacal, matéria seca, proteína bruta e carboidratos solúveis. **Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2007.

PEREIRA, R.G.A.; TOWNSEND, C.R.; COSTA, N.L.; MAGALHÃES, J.A. Processos de ensilagem e plantas a ensilar. Embrapa Rondônia: **Documentos 124**. Porto Velho, RO, 2008.

PINHO, R.M.A.; SANTOS, E.M.; SILVA, T.C.; PERAZZO, A.F.; PEREIRA, O.G.; MACEDO, A.J. da. Microbiologia e o processo de ensilagem. In: SANTOS, E.M.; PARENTE, H.N.; OLIVEIRA, J.S.; PARENTE, M.O.M. (Ed.). **Ensilagem de plantas forrageiras para o Semiárido**. São Luís: Ed. da UFMA, 2016. p.87-146.

PLAYNE, M.J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and silage. **Journal of Food Science and Agriculture**, v.17, n.6, p.264-268, 1966.

RAMOS, J. P. F.; SANTOS, E. M.; SANTOS, A. P. M.; SOUZA, W. H.; OLIVEIRA, J. S. (2016). Ensiling of Forage Crops in Semiarid Regions, *Advances in Silage Production and Utilization*, Dr. Thiago Da Silva (Ed.), InTech. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-silage-production-and-utilization/ensiling-of-forage-crops-in-semiarid-regions>.

RODRIGUES, P.H.M.; SENATORE, A.L.; ANDRADE, J.J.T.; RUZANTE, J. M.; LUCCHI, C. S.; LIMA, F. R. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre a composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de sorgo produzida em silos experimentais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.31, n.6, p.2372-2379, 2002.

RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.A.S. GONÇALVES, L; C. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I – pH e teores de matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. v.51, n.5, p.485-490, 1999.

ROSA, B.; FADEL, R. Uso de amônia anidra e de ureia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. **Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas**, v.1, p.41-63, 2001.

ROTH, G.; UNDDERSANDER, D. Silage additives. **Corn Silage Production Management and Feeding**. Madison American Society of Agronomy, p. 27-29, 1995.

SANTOS, M.C.; NUSSIO, L.G.; MOURÃO, G.B.; SCHMIDT, P.; MARI, L.J.; RIBEIRO, J.L. Influência da utilização de aditivos químicos no perfil da fermentação, no valor nutritivo e nas perdas de silagens de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.2, p.1555-1563, 2008.

SANTOS, M.V.F.; GÓMEZ CASTRO, A.G.; PEREA, J.M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; PÉREZ HERNÁNDEZ, M. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, v.59, p.25-43, 2010.

SAS Institute. Base SAS® 9.0 procedures guide. Cary, NC: SAS Institute, Inc., 2002.

SCHMIDT, P.; WECHSLER, F.S.; VARGAS JUNIOR, F.M.V.; ROSSI, P. Valor Nutritivo do Feno de Braquiária Amonizado com Uréia ou Inoculado com *Pleurotus ostreatus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.2040-2049, 2003.

SHIRLEY, J.E.; BROWN, L.D.; TOMAN, F.R. et al. Influence of varying amounts of urea on the fermentation pattern and nutritive value of corn silage. **Western Kentucky University**, 1972.

SILVEIRA, A.C. **Técnicas para produção de silagens**. In: Simpósio sobre manejo de pastagens, 2, Piracicaba, 1975. Anais... Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1975. p.156-180.

SINGH, A.P.; PANDITA, N.N. Studies on fermentation of sorghum silage during storage, and its effect on milch animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, n.3, p.143-148, 1983.

SINGH, A. P.; PANDIT, N. N. Studies on fermentation of sorghum silage during storage—Effect of urea and molasses. **Animal Feed Science and Technology**, v.3, n.4, p.299-307, 1978.

Siqueira, G. R.; Reis, R. A.; Schocken-Iturrino, R. P.; Pires, A. J. V.; Bernardes, T. F.; Roth, M. D. T. P. Queima e aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana de açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.6, p. 2000-2009, 2007.

SIQUEIRA, G.R.; BERNARDES, T.F.; REIS, R.A. **Instabilidade aeróbica de silagens: efeitos e possibilidades de prevenção**. In: REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; BERTIPAGLIA, L.M.A. OLIVEIRA, A.P.; MELO, G.M.P.; BERNARDES, T.F. (Eds.) Volumosos na produção de ruminantes. Jaboticabal: Funep, 2005. p.25-60.

SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. 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.

TAYLOR, C. C., KUNG JR., L. The effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the fermentation and aerobic stability of high moisture corn in laboratory silos. **Journal of Dairy Science**, v.85, n.6, p.1526-1532, 2002.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**. v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VIEIRA, F.A.P.; BORGES, I.; STEHLING, C.A.V.; GONÇALVES, L.C.; COELHO, S.G.; FERREIRA, M.I.C.; RODRIGUES, J.A.S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, p.764-772, 2004.

WEINBERG Z.G., KHANAL P., YILDIZ C., CHEN Y. and ARIELI A. (2011) Ensiling fermentation products and aerobic stability of corn and sorghum silages. **Grassland Science**. 57, 46–50.

WEISS, W.P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Cornell nutrition conference for feed manufacturers, 61., 1999, Proceedings... Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

WILLIAMS, P.E.V.; INNES, G.M.; BREWER, A. Ammonia treatment of straw via hidrólisis of urea. Effects of dry matter and urea concentration on the rate of hidrólisis of urea. **Animal Feed Science Technology**. v.11, n.2, p.115-124, 1984.

WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. **Journal Applied Bacteriology**, v.68, p.101-116, 1990

WOOLFORD, M.K. The problem of silage effluent. **Herbage Abstracts**, v.48, p.397-403, 1978.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; DOREA, J.R.R. et al. Evaluation of elephant grass with addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.12, p.2611-2616, 2010.

CAPÍTULO II

Impactos da adição de ureia na ensilagem do sorgo sobre o consumo, desempenho, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos de cordeiros

Impactos da adição de ureia na ensilagem do sorgo sobre o consumo, desempenho, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos de cordeiros

RESUMO

O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o consumo e digestibilidade de nutrientes, desempenho produtivo, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia. Quarenta cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, não-castrados, com 4 a 6 meses de idade e peso corporal inicial de $21,73 \pm 2,40$ kg foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 10 repetições. As dietas foram formuladas modo a serem isonitrogenadas sendo utilizada uma relação volumoso:concentrado (50:50). Dessa forma, a silagem de sorgo ensilada com diferentes níveis de ureia (0; 5; 10 e 20 g/kg, com base na matéria natural). O período experimental teve duração de 29 dias, sendo os animais submetidos à fase de adaptação e ao período de coleta de dados. As dietas não afetaram ($P > 0,05$) os consumos de MS, MO, EE, PB, FDNcp, CNFcp, NDT, expressos em kg/ dia, assim como os consumo de CFDNcp em (%PV) e FDNcp em peso metabólico (g/kg de $PC^{0,75}$). Apesar disso, o consumo de MS em (g/kg de $PC^{0,75}$) foi influenciado ($P < 0,05$) de forma linear decrescente pelas dietas. Com exceção da digestibilidade do FDNcp que foi influenciada de forma linear decrescente pelas dietas ($P < 0,05$), a inclusão de ureia na silagem de sorgo também não promoveu diferenças significativas ($P > 0,05$) nas digestibilidades de MS, MO, PB, EE, CNFcp e NDT. Com relação ao desempenho produtivo, embora a eficiência alimentar e o peso vivo final não tenham sido influenciadas pelos níveis de ureia utilizados na silagem de sorgo ($P > 0,05$), foram observadas reduções lineares ($P < 0,05$) nos ganhos de peso total e médio diário. Com relação ao comportamento ingestivo, os tempos despendidos em mastigação (hora/dia) e em ócio (minutos/dia), assim como no tempo gasto por período em ruminação (minutos) foram influenciados de forma quadrática pelas dietas ($P < 0,05$). Além disso, foi verificado efeito linear decrescente das dietas ($P < 0,05$) no número de períodos que os animais permaneceram em mastigação (n° /dia). As dietas não promoveram mudanças significativas ($P > 0,05$) nos teores plasmáticos de creatinina, proteínas totais, albumina, globulina e relação albumina:globulina (A:G). Entretanto, as concentrações séricas de ureia e a atividade sérica da enzima gama-glutamiltransferase foram afetadas de forma quadrática e linear crescente ($P < 0,05$), respectivamente. A inclusão de ureia na silagem de sorgo promove redução do consumo e digestibilidade dos nutrientes, embora não altere de forma significativa o comportamento ingestivo e perfil metabólico dos animais. Além disso, diminui os ganhos de peso diário e total sem contudo afetar a eficiência alimentar dos animais. Pelo fato de não proporcionar melhoria no consumo e no desempenho produtivo dos animais, não recomenda-se o uso de até 20 g/kg de ureia na ensilagem do sorgo em dietas para ovinos.

Palavras-chave: aditivo, digestibilidade, etologia, ganho de peso, ovinos, perfil metabólico

Impact of urea addition at sorghum silage ensiling on intake, digestibility, productive performance, ingestive behavior and blood metabolites of lambs

ABSTRACT

The experiment was carried out to assess the intakes and digestibilities of nutrients, productive performance, ingestive behavior and blood metabolites of lambs fed sorghum silages treated with urea. Forty crossbreed Dorper x Santa Inês lambs, non-castrated, 4 to 6 months of age and initial body weight of 21.73 ± 2.40 kg were used, which were distributed in a completely randomized experimental design with four treatments and 10 replicates. Diets were formulated to be isonitrogenous using a roughage:concentrate ratio (50:50). Thus, sorghum silage silage was ensiled with different levels of urea (0; 5; 10 e 20 g/kg, based on natural matter), and the concentrate was composed of soybean meal, ground corn and mineral premix. The experimental period lasted for 29 days, being the animals submitted to the adaptation and data collection period. Data were submitted to analysis of variance and regression. There was no effect of diets ($P>0,05$) on DM, OM, EE, CP, NDFap, NFCap, TDN, expressed in kg / day, as well as on the intake of DM and NDFap in (% BW) and NDFap, expressed in metabolic weight ($\text{g/kg BW}^{0.75}$). However, DM intake, expressed in $\text{g/kg BW}^{0.75}$, was linear decreased ($P<0,05$) by the diets. The inclusion of urea in sorghum silage also did not promote significant differences ($P>0,05$) on the digestibilities of DM, OM, CP, EE, NFCap and TDN except for the digestibility of NDFap that was linearly decreased by the diets ($P<0,05$). Regarding the productive performance, although the feed efficiency and the final body weight were not affected by the urea levels used in sorghum silage ($P>0,05$), linear decreasing ($P<0,05$) were observed on the daily and total weight gains. In relation to the ingestive behavior, the times spent in chewing (hour / day) and in idle (minutes / day), as well as the time spent per period in rumination (minutes) were quadratically influenced by the diets ($P<0,05$). In addition, a linear decreasing effect of diets ($P<0,05$) was observed in the number of periods the animals spent chewing ($\text{n}^\circ/\text{day}$). The diets did not promote significant changes ($P>0,05$) in plasma levels of creatinine, total proteins, albumin, globulin and A:G ratio. However, serum urea concentrations and gamma-glutamyltransferase serum activity were affected in a quadratic and linear increasing ($P<0,05$), respectively. The inclusion of urea in sorghum silage promotes reduction of nutrient intake and digestibility, although it does not significantly alter the ingestive behavior and metabolic profile of the animals. In addition, it decreases the daily and total weight gains without however affecting the feed efficiency of the animals. Due to the lack of improvement in the consumption and the productive performance of the animals, it is not recommended to use up to 20 g / kg of urea in the sorghum ensiling in sheep diets.

Keywords: additive, digestibility, etology, metabolic profile, sheep, weight gain

1. INTRODUÇÃO

A silagem é considerada um dos alimentos mais eficazes para a produção animal durante o período de escassez de forragem na estação seca. Devido às condições edafoclimáticas, a criação de animais em regiões semiáridas torna-se o maior desafio para os produtores rurais. Assim, através das práticas de conservação dos alimentos é possível minimizar os problemas resultantes da sazonalidade da forragem (MOURA et al., 2017). Desse modo, é possível ressaltar o significado mundial do sorgo nos últimos anos, que geralmente é usado para produção de silagem fornecendo alimentos para produção de leite e carne de ruminantes (COSTA et al., 2016).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), tornou-se uma opção interessante para regiões áridas e semi-áridas no mundo (Getachew et al., 2016) devido à resistência a fatores ambientais adversos, como o déficit hídrico (MIRANDA et al., 2010). Além disso, esta forragem fornece silagem a baixo custo e a sua rebrota pode ser utilizada (Rezende et al., 2011) porque mantêm o sistema de raiz ativo.

O sorgo têm características desejáveis para a produção de silagens de alta qualidade, tais como: alta concentração de carboidratos solúveis (Sankarapandian et al., 2013) baixa capacidade de tamponamento e alto valor nutricional (Lema et al., 2001; Kumar et al., 2015), todos os quais são essenciais para uma adequada fermentação do ácido láctico (SANTOS et al., 2013). No entanto, altas concentrações de carboidratos no sorgo estão associadas com a produção de silagens ácidas, que por sua vez favorecem o crescimento de microorganismos deletérios que diminuem a estabilidade aeróbica.

A exposição aeróbica da silagem provoca mudanças em sua composição química, uma vez que existe uma atividade metabólica intensa da população de microorganismos dormentes tais como bactérias, leveduras e fungos (Amaral et al., 2008). Assim, há uma diminuição dos componentes solúveis da silagem que servem como substrato para esses microrganismos (Vieira et al., 2004), e pode até ocasionar degradação da parte fibrosa do alimento pela microbiota fúngica (GUIM et al., 2002).

A aplicação de aditivos na durante a ensilagem é utilizada para incentivar a atividade microbiana benéfica e / ou inibir a atividade microbiana prejudicial (Whittenbury, 1968). O uso da ureia no processo de silagem em forragens que apresentam alto teor de carboidratos solúveis torna-se uma ferramenta que promove vários benefícios da qualidade da silagem devido à sua atividade antimicrobiana (Neumann et al., 2010; Santos et al., 2010). Entre eles, é possível destacar a melhora no controle do pH das silagens, evitando a rápida diminuição e o desenvolvimento de microorganismos indesejáveis; redução da produção de etanol e perdas de matéria seca e carboidratos

solúveis (Schmidt et al., 2007); aumento do teor de proteína bruta (Vieira et al., 2004); melhoria da estabilidade aeróbica (McDonald et al., 1991).

Como mencionado, a inclusão da ureia como aditivo químico se destaca como uma alternativa a fim de incrementar o valor proteico da silagem, pois o sorgo apresentar baixos valores proteicos quando ensilado com MS entre 30% a 35% (Neumann et al., 2010). Dentre os principais benefícios ressalta-se o baixo custo de unidade por proteína, sendo este de 42 a 45% de N, e o controle sobre a população de leveduras (Freitas et al., 2002). Segundo Reis et al. (1990) a utilização de ureia como aditivo promove a geração de amônia (NH₃), a qual reage com a água presente no meio, gerando hidróxido de amônio (NH₄OH), diminuindo a redução do pH e controlando a população de leveduras. Além disso, ocorre solubilização dos componentes da parede celular, principalmente a hemicelulose, o que favorece a redução do FDN do material, e contribui de forma benéfica para a digestibilidade dos nutrientes da silagem.

A correlação existente entre o consumo com o comportamento ingestivo e também com o perfil metabólico é extremamente importante para a produção de ruminantes. Embora seja descrito que a ureia promove aumento no consumo e digestibilidade das silagens (Rosa e Fadel et al., 2001) porque promove uma redução na porção fibrosa da alimentação, há poucos estudos que avaliem o efeito da ensilagem de silagem de sorgo com ureia e seu impacto no desempenho produtivo, comportamento ingestivo e perfil metabólico de ovinos.

O comportamento ingestivo foi estudado e analisado por meio de atividades ingestivas para verificar as causas de diferentes frequências de alimentação, ruminação, lazer e outras atividades (ALMEIDA FILHO et al., 2016). Estas atividades, também de acordo com os autores, às vezes estão associadas ao tipo de dieta que afeta negativamente ou positivamente a ingestão voluntária dos animais e, por sua vez, suas características produtivas. De forma semelhante, é relevante ressaltar a importância da avaliação do perfil sanguíneo, pois pode dar uma visão dos potenciais de um tratamento dietético para atender às necessidades metabólicas e de saúde dos animais (OLAFADHAN et al., 2014).

Neste contexto, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito da inclusão de diferentes níveis ureia na ensilagem do sorgo no consumo e digestibilidade de nutrientes, desempenho produtivo, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos de cordeiros terminados em confinamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de realização do estudo

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, pertencente à Escola de Medicina Veterinária da UFBA, de março de 2013 a junho de 2013, pertencente à Escola de Medicina Veterinária e Ciência Animal da Universidade Federal da Bahia, localizada no município de São Gonçalo dos Campos / Bahia, no Brasil, nas coordenadas 12°23'49.5 "S e 38°52'43.5" W, com uma altitude de 234 metros. Este estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Bahia, sendo obtida aprovação (n. do protocolo 86/2017).

Com base na classificação de Köppen-Geiger, o clima da região é tipo As (clima tropical "A", com temperaturas médias acima de 18°C e "s", a estação seca ocorre durante o tempo do sol mais alto e dias mais longos), com média precipitação anual de 900 a 1200 mm por ano.

2.2. Preparo das silagens do sorgo

As silagens de sorgo foram produzidas entre os dias 16 e 17 de setembro de 2013, sendo utilizado na ensilagem o sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivar Volumax. A ensilagem foi realizada quando os grãos atingiram o estágio farináceo-duro 110 dias após a semeadura e apresentou entre 28 a 30% de matéria seca. O sorgo plantado na Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos foi desintegrado com partícula de 3 ou 3,5 mm em ensiladeira de forragem estacionária, acoplada ao trator sendo posteriormente realizado o transporte para o local destinado à confecção dos silos superfície.

Foram confeccionados quatro silos superfície experimentais. No primeiro não foi utilizado nenhum aditivo; no segundo silo foi adicionado 5 g/kg de ureia; no terceiro, 1,0% de ureia; e, no quarto silo, 2% de ureia, sendo a quantidade calculada com base na matéria natural e adicionada ureia granulada na forma seca no momento da ensilagem (Tabela 1). Após a mistura do aditivo químico ao sorgo, foi feita a compactação do silo com o trator. O silo foi coberto com uma lona dupla-face e vedado nas laterais com terra. As silagens foram armazenadas até o momento da realização do experimento.

Tabela 1. Níveis de adição de ureia, com base na matéria natural durante no momento da ensilagem do sorgo

Ingrediente	Nível de adição (g/kg de MN)			
	0	5	10	20
Sorgo	1781,33 kg	2489,02 kg	2095,55 kg	2051,66 kg

Ureia	0 kg	12,43 kg	20,94 kg	41,03 kg
-------	------	----------	----------	----------

2.2. Animais, tratamentos e manejo experimental

Foram utilizados 40 cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, não-castrados, vacinados contra clostridioses e everminados, com 4 a 6 meses de idade e peso corporal inicial de $21,73 \pm 2,40$ kg, machos, não-castrados, com média de cinco meses de idade, que foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições, em que os diferentes níveis de ureia constituíram os tratamentos: T1 – 0 (silagem controle); T2 – 5 g/kg de ureia; T3 – 10 g/kg de ureia; T4 – 20 g/kg de ureia, com base na matéria natural.

Os animais foram alojados em baias individuais, cobertas, com piso ripado e suspenso, providas de bebedouros e cochos de alimentação, de modo que houvesse acesso irrestrito à água e às dietas durante todo o período experimental.

Os cordeiros foram alimentados duas vezes ao dia, às 09:00 e às 16:00 horas, na forma de mistura completa. O concentrado foi composto de milho moído e farelo de soja, premix mineral e ureia e como volumoso utilizou-se a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* Moench L.), que compôs 50% das dietas (Tabela 2).

Tabela 2. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item	Milho moído	Farelo de soja	Silagem de sorgo 0 g/kg de U	Silagem de sorgo 5 g/kg de U	Silagem de sorgo 10 g/kg de U	Silagem de sorgo 20 g/kg de U
Matéria seca	91.25	91.33	27.89	27.63	27.7	28.18
Matéria orgânica ¹	98.21	92.47	95.21	94.88	94.64	94.94
Matéria mineral ¹	1.79	7.53	4.79	5.12	5.36	5.06
Extrato etéreo ¹	3.3	2.78	1.6	2.54	2.22	2.15
Proteína bruta ¹	9.01	47.1	9.15	9.44	11.13	14.28
PIDN ¹ (% da PB)	21.27	11.06	6.60	7.60	7.77	8.14
PIDA ² (% da PB)	10.18	5.97	22.26	16.27	14.92	20.43
FDNcp ¹	15.22	14.33	59.13	57.22	55.49	55.12
FDA ¹	3.80	7.87	36.47	43.13	44.75	41.70
Lignina ¹	0.92	0.58	7.17	11.90	10.80	8.65
Hemicelulose ¹	11.42	6.46	22.66	14.09	10.74	13.42
CNFcp ¹	70.68	28.26	25.33	25.68	25.8	23.39

¹Valor expresso em % da matéria seca. PIDN¹= proteína indigestível em detergente neutro, PIDA² = proteína indigestível em detergente ácido; 0 g/kg de U = 0 g/kg de inclusão de ureia; 5 g/kg de U = 5 g/kg de inclusão de ureia; 10 g/kg U = 10 g/kg de inclusão de ureia; 20 g/kg U = 2,0 g/kg de inclusão de ureia

As dietas foram formuladas para serem isonitrogenadas (14% de PB) segundo as recomendações do *National Research Council* (NRC, 2007), de modo a atender as exigências nutricionais para cordeiros com ganhos de peso estimados de 200g/dia. Durante todo o experimento foram coletadas amostras dos ingredientes e das dietas para análise de sua composição bromatológica (Tabelas 2 e 3).

Tabela 3. Composição percentual dos ingredientes e bromatológica das dietas experimentais

Ingrediente (% MS)	Nível de adição de ureia (g/kg de MN)			
	0	5	10	20
Grão de milho moído	38.0	38.5	35.5	47.5
Farelo de soja	10.0	10.0	12.5	1.5
Premix mineral ^a	1.5	1.5	2.0	1.0
Ureia	0.5	0	0	0
Silagem de sorgo	50.0	50.0	50.0	50.0
Composição bromatológica				
Matéria seca	59.75	59.71	59.76	59.66
Matéria orgânica ¹	94.17	94.50	93.74	95.5
Matéria mineral ¹	5.83	5.50	6.26	4.49
Proteína bruta ¹	14.12	12.90	14.65	12.12
Extrato etéreo ¹	2.33	2.82	2.63	2.68
PIDN ² (% da PB)	12.49	13.09	12.82	14.34
PIDA ³ (% da PB)	15.60	12.65	11.82	15.14
Fibra em detergente neutro ¹	36.78	35.90	34.94	35.00
Fibra em detergente ácido ¹	20.47	23.82	24.71	22.77
Lignina ¹	3.99	6.36	5.80	4.77
Hemicelulose ¹	16.31	12.08	10.23	12.23
Carboidratos não-fibrosos ¹	42.35	42.88	41.52	45.69
Nutrientes digestíveis totais ⁴	69.65	65.38	65.35	68.94

^aNíveis de garantia (por kg em elementos ativos): cálcio - 120 g; fósforo - 87g; sódio - 147g; enxofre - 18g; cobre - 590 mg; cobalto - 40mg; cromo - 20 mg; ferro - 1.800 mg; iodo - 80 mg; manganês - 1.300 mg; selênio - 15 mg; zinco - 3.800 mg; molibdênio - 300 mg; flúor máximo - 870 mg; solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% mínimo - 95%. ¹Valor expresso em % da matéria seca. PIDN¹= proteína indigestível em detergente neutro; PIDA² = proteína indigestível em detergente ácido, ⁴ Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações de Detmann et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007).

2.3. Coleta de amostras e análises laboratoriais

Após o descongelamento à temperatura ambiente, as amostras foram submetidas à secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas. Em seguida, foram trituradas em moinhos de faca tipo *Willey* com peneira de 1 mm, armazenadas em frascos

plásticos com tampa, etiquetados para a determinação dos teores de matéria seca (Método, 934.01), matéria orgânica (Método 924.05), proteína bruta (Método, 920.87), extrato etéreo (EE – Método 920.39) conforme as metodologias descritas na AOAC (1990).

As análises de fibra em detergente neutro (FDN) foram corrigidas para cinzas e proteína (FDNcp), conforme as especificações descritas em INCT - Detmman et al.(2012). Para a determinação da fibra em detergente ácido utilizou-se a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991). A lignina foi determinada por meio do tratamento do resíduo de fibra em detergente ácido com ácido sulfúrico a 72%, conforme Van Soest e Wine (1967). Os teores de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e ácido (PIDA) segundo Licitra et al. (1996). A lignina foi determinada por meio do tratamento do resíduo de fibra em detergente ácido com ácido sulfúrico a 72% (método 973.18; AOAC, 2002).

Os teores de carboidratos totais (CHT) foram estimados segundo Sniffen et al. (1992), em que $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. Os carboidratos não-fibrosos (CNF) dos ingredientes foram calculados de acordo com Mertens (1997), considerando no cálculo o valor de FND corrigido para cinzas e proteína.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) descritos nas Tabelas 2 e 3 foram estimados foram calculados conforme as fórmulas de estimativas de digestibilidade de cada fração analítica, para vacas em lactação:

- (1) $CNF_{ad}\% = 0,9507CNF_{cp}\% - 5,72$ (Detmann et al., 2006a)
- (2) $EE_{ad}\% = 0,8596EE\% - 0,21$ (Detmann et al., 2006b)
- (3) $PB_{ad}\% = 0,7845PB\% - 0,97$ (Detmann et al., 2006c)
- (4) $FDN_{d_{VL}}\% = 0,67 \times \{(FDN_{cp} - L) \times [1 - (L/FDN_{cp})^{0,85}]\}$ Detmann et al. (2007)

Após a estimativa das frações analíticas digestíveis, foi estimado o NDT conforme a seguinte equação: $NDT = CNF_{ad}\% + EE_{ad}\% + PB_{ad}\% + FDN_{d_{VL}}\%$

Em que: CNF_{ad} = carboidratos não-fibrosos aparentemente digestível; EE_{ad} = EE aparentemente digestível; PB_{ad} = PB aparentemente digestível e, $FDN_{d_{VL}}$ = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína efetivamente digestível.

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) do ensaio de digestibilidade foi estimado através da fórmula proposta por Weiss et al. (1999): $NDT = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDND$, sendo PBD, EED, CNFD e FDND as frações digestíveis da proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos não-fibrosos e fibra em detergente neutro, respectivamente.

2.4. Consumo de nutrientes

O consumo dos nutrientes foi estimado por meio da diferença entre o total de cada nutriente contido nos alimentos ofertados e o total de cada nutriente presente nas sobras. Diariamente, às 07:00 horas da manhã, antes do fornecimento da refeição matutina, as sobras foram recolhidas e pesadas em balança digital para determinação do consumo de matéria seca. Dessa forma, o consumo de matéria seca foi obtido através do ajuste da quantidade de ração ofertada aos cordeiros de modo a permitir entre 10 e 20% de sobras.

Os consumos em g/animal/dia, g/kg do peso corporal (PC) e g/kg de peso metabólico (kg^{0,75}) de MS, FDN, PB, EE, CHT e CNF foram calculados por meio das seguintes equações: consumo (C) (g/animal/dia) = quantidade de MS, FDN, PB, EE, CHT e CNF oferecida – quantidade de MS, FDN, PB, EE, CHT e CNF nas sobras. O cálculo do consumo em percentual de peso corporal (% do PC) foi avaliado utilizando-se a equação: C(% do PC) = quantidade de MS, FDN, PB, EE, CHT e CNF (kg) consumidos*100) /PC (kg). Além disso, foram estimados os consumos de peso metabólico da MS e FDNcp através da seguinte equação: C (g/kg^{0,75}) = quantidade de MS, FDNcp (kg) consumidos * 100)/PC^{0,75}, sendo que os consumos dos nutrientes calculados com base na MS.

O consumo de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi calculado pela equação CNDT = (CPB-PBf) + 2,25 (CEE- EEf) + (CCHOT- CHOTf), em que CPB, CEE e CCHOT que significam, respectivamente, consumo de PB, EE e CHOT, enquanto PBf, EEf e CHOTf referem-se as excreções de PB, EE e CHOT nas fezes.

2.5. Ensaio de digestibilidade

A coleta de fezes dos animais foi realizada diretamente na ampola retal animais, durante dois dias consecutivos (08, 10, 14 e 16 horas após a alimentação). Após efetuada as coletas de fezes de cada animal, foram retiradas alíquotas de aproximadamente 10% do total coletado, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos individuais identificados e armazenadas em freezer. Ao término do experimento, após o prévio descongelamento à temperatura ambiente, as amostras de fezes foram pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 65°C. Em seguida, foram processadas em moinho de peneira com crivos de 2mm para posteriores análises laboratoriais de determinação da fibra em detergente neutro indigestível (FDNi), respectivamente.

A estimativa de produção de matéria seca fecal foi realizada por meio do indicador interno, (FDNi). Alíquotas de 0,5 silagens e 0,5g de sobras e fezes, coletadas ao longo do ensaio de digestibilidade, foram incubadas por 288 horas (DETMANN - INCT-CA F-008/1, 2012) em duplicata e acondicionadas em sacos de tecido-não-tecido (TNT - 100g/m²), 5 x 5 cm, no rúmen de novilhos fistulados previamente adaptados às dietas fornecidas. Posteriormente a esse período, os sacos foram removido do rúmen, lavados em água corrente, até o total clareamento da água, sendo o material remanescente da incubação levado à estufa de ventilação forçada a 65°C, durante 72 horas. Em seguida, os sacos foram removidos da estufa transferidos para o dessecador e, posteriormente, acondicionados em potes plásticos contendo 50 mL de detergente neutro por saco de modo a serem submetidos à fervura nesta solução sendo a digestão realizada em autoclave (120°C por 50 minutos). Em seguida, foram lavados com água quente e acetona, levados novamente à estufa de ventilação forçada a 65°C, e a 105°C conforme o procedimento anterior, sendo a fração de fibra remanescente obtida considerada como FDNi.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria, proteína bruta, extrato etéreo, fibra em detergente neutro, carboidratos não-fibrosos foram calculados da seguinte forma:

$$CD = \frac{[(\text{kg da fração de nutriente ingerida} - \text{kg da fração de nutriente excretada})]}{(\text{kg da fração de nutriente ingerida})} \times 100$$

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos a partir da seguinte equação: $NDT (\%) = (\text{Consumo de NDT} / \text{Consumo de MS}) \times 100$.

2.5. Desempenho produtivo

Para a avaliação do desempenho produtivo os animais foram pesados no início do experimento e ao final de cada período experimental. Dessa forma, o ganho médio diário, o ganho de peso total e a eficiência alimentar foram calculados levando-se em consideração a duração do período experimental, que teve duração de 29 dias.

2.7. Comportamento ingestivo

Para avaliação do comportamento ingestivo, em ambos os ensaios, os animais foram submetidos à observação visual durante um período de 24 horas, sendo as observações realizadas em intervalo de cinco minutos, para a avaliação dos tempos de alimentação, ruminação e ócio, segundo metodologia proposta por Carvalho et al. (2007). Durante as avaliações noturnas o ambiente foi mantido com iluminação artificial, passando por uma adaptação a esta iluminação dois dias antes das observações. No

mesmo dia foram realizadas três observações de cada animal divididas em três períodos: manhã, tarde e noite. Nestes períodos foram registrados o número de mastigações por bolo ruminal e o tempo gasto para ruminação de cada bolo. A coleta de dados para saber o tempo gasto em cada atividade foi feita com o auxílio de cronômetros digitais, manuseados por observadores, que ficaram dispostos de forma a não interferir no comportamento dos animais.

Para estimar as variáveis comportamentais de alimentação e ruminação (min/Kg MS e FDN), eficiência alimentar (gMS e FDN/hora) e consumo médio de MS e FDN por período de alimentação, utilizou-se os valores de consumo voluntário de MS e FDN do sendo as sobras computadas. Os dados para variáveis do comportamento foram obtidos de acordo com a metodologia descrita por Bürger et al. (2000).

O número de bolos ruminados diariamente foi calculado dividindo-se o tempo total de ruminação (minutos) pelo tempo médio gasto com a ruminação de um bolo. Para a concentração de MS e FDN em cada bolo ruminado (gramas) dividiu-se a quantidade de MS e FDN consumida (g/dia) em 24 horas pelo número de bolos ruminados num dia.

A eficiência de alimentação e ruminação foi obtida da seguinte forma:

$$EALMS = CMS / ALIM$$

$$EALFDN = CFDN / ALIM$$

$$ERUMS = CMS / RUM$$

$$ERUFDN = CFDN / RUM$$

Onde: EALMS (g MS consumida/h); EALFDN (g FDN consumida/h) = Eficiência de alimentação; CMS e CFDN = consumo diário de matéria seca e fibra em detergente neutro, respectivamente; ALIM = tempo gasto em alimentação por dia; ERUMS (g MS ruminada/h); ERUFDN (g FDN ruminada/h) = Eficiência de ruminação; CMS e CFDN = consumo diário de matéria seca e fibra em detergente neutro, respectivamente; RUM = tempo gasto em ruminação por dia; TMT (min/dia) = tempo de mastigação total

$$TMT = ALIM + RUM;$$

O número de períodos de alimentação ruminação e ócio foram contados observando o número sequencial de atividades na planilha de anotações. O tempo médio diário desses períodos foi calculado dividindo-se a duração total de cada atividade (alimentação, ruminação e ócio) pelo seu respectivo número de períodos.

As amostras de volumoso, concentrado e sobras de cada animal após as avaliações de comportamento ingestivo foram acondicionados em sacos plásticos devidamente

identificados e armazenados em freezer -20°C , para posterior análise de consumo e eficiências de alimentação e ruminação.

2.8. Metabólitos sanguíneos

As concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos de cada animal foram avaliadas por meio da coleta de aproximadamente 10 mL de amostra de sangue em tubos *vacutainer* contendo anticoagulante (EDTA), as quais foram mantidas à temperatura ambiente até a retração do coágulo. Em seguida, realizou-se a centrifugação a 3.500 rpm por 15 minutos para a obtenção do soro sanguíneo, sendo este então armazenado em minitubos *ependorf* devidamente identificados e conservados em freezer a -20°C para posteriores análises.

As concentrações séricas de proteína total e albumina foram realizadas pelo método colorimétrico, com reagente de biureto, e solução de verde de bromocresol através de *kits* comerciais Doles (proteínas totais, albumina), sendo as leituras realizadas em espectrofotômetro com comprimentos de onda de 550 e 630 nm, respectivamente. O teor de globulinas foi calculado pela diferença matemática entre o teor de proteína total e albumina sérica, sendo os valores expressos em g/dL. A relação albumina:globulina foi obtida a partir da divisão do valor da fração albumina pelo valor total da fração globulina. Os níveis séricos de ureia foram determinados por sistema cinético, utilizando-se *kits* comercial Doles (Ureia UV) sendo a leitura procedida em espectrofotômetro com comprimento de onda de 340 nm, levando-se em consideração que 47% desta é composta por nitrogênio. Os teores plasmáticos de creatinina foram quantificados por meio do uso de kit comercial Doles (Creatinina) através do sistema colorimétrico sendo realizada a leitura em espectrofotômetro utilizando-se comprimento de onda de 520 nm.

As concentrações séricas de colesterol e triglicerídeos foram determinaads utilizando-se *kits* comerciais Doles (colesterol enzimático líquido e triglicérides enzimático líquido) através da técnica enzimática, sendo as leituras feitas em espectrofotômetro utilizando-se comprimento de onda de 510 nm.

As atividades das enzimas para avaliação do metabolismo hepático, alanina-aminotransferase (ALT), aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamyltransferase (GGT) foram mensuradas pelo sistema cinético utilizando-se kits comerciais Doles (ALT/TGP; AST/TGO e γ -GLUTAMILTRANSFERASE) sendo a leitura procedida em espectrofotômetro com comprimentos de onda de 340 nm para ALT e AST e de 530 nm para GGT.

Todas as leituras dos metabólitos sanguíneos foram procedidas utilizando-se espectrofotômetro semi-automático (SBA 200[®], CELM, São Caetano do Sul, Brasil) de acordo com os respectivos comprimentos de ondas.

2.9. Análises estatísticas

Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições. O seguinte modelo foi utilizado:

$$Y_{ij} = \mu + s_i + e_{ij}$$

em que: Y_{ij} = valor observado; μ = média geral; s_i = efeito dos níveis de ureia, e e_{ij} = efeito do erro aleatório associado a aplicação do tratamento i na repetição j .

Os resultados de consumo, digestibilidade, desempenho e comportamento ingestivo e parâmetros sanguíneos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e de regressão a 5% de probabilidade utilizando-se o programa SAS (Statistical Analysis System, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.,2002), versão 9.0. O peso corporal inicial como covariável para as variáveis de desempenho.

3.0. RESULTADOS

3.1. Consumo e digestibilidade de nutrientes

Os consumos de MS, MO, CNFcp e NDT, quando expressos em kg/dia, assim como os consumos de MS e FDNcp em g/kg de PC não foram influenciados ($P > 0,05$) pela inclusão de ureia nas dietas.

Observa-se, no entanto, efeito linear decrescente nos consumo de MS em g/kg de PC^{0,75} e PC, e no consumos de PB e FDNcp em kg/dia (P<0,05). Além disso, foi verificado efeito quadrático no consumo de extrato etéreo expresso em kg/dia (Tabela 4).

Tabela 4. Consumo diário dos componentes nutricionais em kg/dia, % PC^{0,75} e em % PC em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia

Item	Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM ¹	Modelo de regressão Valor-P	
	0	5	10	20		L	Q
Consumo em kg/dia							
MS	0.861	0.739	0.834	0.741	0.033	0.121	0.952
MO	0.850	0.754	0.785	0.708	0.040	0.056	0.723
PB	0.136	0.103	0.125	0.088	0.006	0.0006	0.814
EE	0.018	0.020	0.022	0.019	0.001	0.842	0.001
FDNcp ²	0.276	0.200	0.219	0.180	0.013	0.0009	0.128
CNF	0.391	0.379	0.390	0.373	0.021	0.638	0.896
NDT	0.609	0.535	0.576	0.519	0.031	0.149	0.826
Consumo em % PC							
MS	3.317	3.023	3.446	2.862	0.087	0.037	0.105
FDNcp	1.013	0.751	0.904	0.693	0.028	<0.0002	0.627
Consumo em % de PC ^{0,75}							
MS ¹	92.31	84.09	87.42	79.78	3.38	0.046	0.837
FDNcp	37.91	29.53	31.78	13.57	1.31	<0.0001	0.075
Equação de regressão							
MS ¹	$\hat{Y} = 90,25 (\pm 1,54) - 5,15 (\pm 1,34) \times \text{NU} \text{ (R}^2 = 11,19)$						
PB	$\hat{Y} = 0,13 (\pm 0,006) - 0,18 (\pm 0,005) \times \text{NU} \text{ (R}^2 = 23,41)$						
EE	$\hat{Y} = 0,018 (\pm 0,001) + 0,010 (\pm 0,003) \times \text{NU} \times 0,005 (\pm 0,001) \text{ (R}^2 = 26,84)$						
FDNcp	$\hat{Y} = 0,25 (\pm 0,012) - 0,037 (\pm 0,011) \times \text{NU} \text{ (R}^2 = 24,29)$						

¹EPM = erro padrão da média. L² = Significância para efeito linear. Q³ = Significância para efeito quadrático; Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%; Matéria seca (MS), Matéria orgânica (MO), Proteína bruta (PB), Extrato etéreo (EE), Fibra em detergente neutro (FDN), Carboidratos não-fibrosos (CNF), Nutrientes digestíveis totais (NDT); %PC = porcentagem do peso corporal; % PC^{0,75} = porcentagem de peso metabólico

3.1. Digestibilidade de nutrientes

A inclusão de ureia na silagem de sorgo não promoveu mudanças (P>0,05) nas digestibilidades dos nutrientes. Entretanto, foi verificado comportamento linear decrescente das dietas (P<0,05) sobre o coeficiente de digestibilidade da fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas (DFDNcp)(Tabela 5).

Tabela 5. Digestibilidade aparente das frações nutricionais (%) de dietas para cordeiros com níveis de ureia na silagem de sorgo

Item	Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM ¹	Modelo de regressão	
	0	5	10	20		Valor-P	L
MS	77.57	79.41	76.95	78.83	1.3254	0.787	0.779
MO	78.79	80.57	79.47	78.38	0.8750	0.414	0.191
PB	77.73	77.91	77.68	74.48	1.6191	0.138	0.406
EE	73.92	72.53	67.54	68.47	2.1824	0.074	0.278
FDNcp	62.04	55.09	56.90	50.10	1.6395	0.0002	0.663
CNFcp	90.34	92.38	90.73	92.21	0.8997	0.337	0.905
NDT	70.62	69.32	71.96	70.06	1.4538	0.967	0.669

Equação de regressão

FDNcp $\hat{Y} = 60.39 (\pm 1.34) - 5.11 (\pm 1.20) \times \text{NU} (R^2 = 35,14)$

¹EPM = erro padrão da média. L² = Significância para efeito linear. Q³ = Significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%. Matéria seca (MS), Matéria orgânica (MO), Proteína bruta (PB), Extrato etéreo (EE), Fibra em detergente neutro (FDN), Carboidratos não-fibrosos (CNF), Nutrientes digestíveis totais (NDT).

3.2. Desempenho

Os ganhos de pesos total e médio diário sofreram efeito linear decrescente ($P < 0,05$) com a inclusão de ureia nas dietas, enquanto que as dietas não proporcionaram reduções ($P > 0,05$) no peso vivo final e a eficiência alimentar dos animais (Tabela 6).

Tabela 6. Desempenho produtivo em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia

Item	Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM ¹	Modelo de regressão	
	0	5	10	20		Valor-P	L
PVI ¹	21.83	21.62	21.78	22.33		-	-
PVF ²	27.10	26.18	25.64	26.17	2.7825	0.599	0.398
GPT ³	5.28	4.56	3.86	3.84	1.1821	0.012	0.129
GMD ⁴	0.181	0.157	0.133	0.132	0.0110	0.012	0.130
EA	0.197	0.194	0.164	0.179	0.0341	0.165	0.180

Equações de regressão

GPT¹ $\hat{Y} = 4,95 (\pm 0,30) - 0,68 (\pm 0,26) \times \text{NU} (R^2 = 16,48)$

GMD² $\hat{Y} = 0,17 (\pm 0,01) - 0,02 (\pm 0,009) \times \text{NU} (R^2 = 16,45)$

PVI = peso vivo inicial, PVF = peso vivo final, GPT = ganho de peso total (kg), GMD = Ganho médio diário (g/dia), EA = eficiência alimentar (kg PV ganho / kg de MS consumida); ⁴EPM = erro padrão da média; L = Significância para efeito linear; Q = Significância para efeito quadrático; Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%.

3.3. Comportamento ingestivo

Os consumos de matéria seca e fibra em detergente neutro corrigido para cinzas e proteína expressos em gramas/dia não foram afetados ($P>0,05$) pelas dietas. De forma similar, também não houve efeito ($P>0,05$) sobre os tempos despendidos em alimentação e em ruminação, quando expressos em minutos/dia, minutos por quilograma de matéria seca (min/kg de MS) e minutos por quilograma de FDNcp (min/kg de FDNcp), assim como nos tempos em que os animais permaneceram em mastigação (minutos / kg de MS e minutos / kg de FDNcp)(Tabela 7).

Tabela 7. Consumos de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp), número de períodos de ingestão, ruminação e ócio e duração média de cada evento por cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia

Item	Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM ¹	Modelo de regressão Valor-P	
	0	5	10	20		L	Q
Consumo em 24 horas (gramas/dia)							
CMS	880.04	817.62	870.69	783.50	49.28	0.307	0.789
CFDNcp	282.16	255.72	276.13	227.60	19.35	0.108	0.635
Alimentação							
Min/dia	209.38	178.00	196.50	185.55	13.96	0.506	0.581
Min / kg MS	239.84	240.07	238.42	242.00	26.38	0.959	0.950
Min / kg FDNcp	722.27	877.12	753.08	879.47	19.53	0.556	0.971
Ruminação							
Min/dia	508.75	490.00	391.50	487.78	29.21	0.495	0.006
Min / kg MS	586.27	651.06	462.50	622.62	27.68	0.975	0.207
Min / kg FDNcp	1825.43	2394.06	1458.59	2193.35	20.17	0.797	0.530
Mastigação							
Nº/bolo	63.31	66.18	60.49	66.83	3.43	0.659	0.496
Seg/bolo	52.22	49.59	47.18	54.23	2.76	0.507	0.079
Nº/dia	80.45	114.12	177.42	152.85	42.89	0.463	0.306
H/dia ²	11.96	11.13	9.80	11.22	0.51	0.440	0.023
Min/kg MS	826.11	891.12	700.92	864.62	35.08	0.995	0.321
Min/kg FDNcp	2547.704	3271.18	2211.67	3073.03	22.54	0.712	0.646
Ócio							
Min/dia ³	721.87	772.00	852.00	766.67	30.93	0.438	0.023
Equações de regressão							
H/dia ²	$\hat{Y} = 12,15 (\pm 0,56) - 3,61 (\pm 1,38) \times \text{NU} + 1,56 (\pm 0,62) \times \text{NU}^2$ ($R^2 = 15,20$)						

$$\text{Min/dia}^3 \quad \hat{Y} = 710,69 (\pm 34,05) + 217,19 (\pm 82,87) \times \text{NU} - 93,77 (\pm 37,92) \times \text{NU}^2 \quad (R^2 = 15,22)$$

¹EPM = erro-padrão da média. L² = significância para efeito linear. Q³ = significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa a 5%.

As dietas também não promoveram mudanças ($P > 0,05$) no número de mastigações por bolo (Nº/bolo), nos tempos gastos por bolo (Seg/bolo) e no número de mastigações por dia (Nº/dia) (Tabela 7). De forma contrária, os tempos despendidos pelos animais em ócio (minutos/dia), e em mastigação (horas/dia) apresentaram comportamento quadrático ($P < 0,05$), sendo estimado um ponto máximo de 836,46 e mínimo de 10,06 quando 1,16 e 1,16 % de ureia foram adicionados na silagem de sorgo, respectivamente (Tabela 7).

Embora o número de períodos (nº/dia) despendido pelos animais na atividade de alimentação tenha sido influenciado pelas dietas ($P < 0,05$) de forma linear decrescente, não houve efeito significativo ($P > 0,05$) nas variáveis de ruminação e ócio, quando também expressos em número por dia (nº/dia) (Tabela 8).

Tabela 8. Número e tempo médio despendido por período nas atividades de alimentação, ruminação e ócio, e consumos de matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) por período de alimentação em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia

Item	Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM ¹	Modelo de regressão Valor-P	
	0	5	10	20		L	Q
Número de períodos (nº/dia)							
Alimentação ²	9.13	8.10	6.60	5.89	0.8833	0.017	0.487
Ruminação	23.75	26.30	22.90	24.22	1.3136	0.734	0.997
Ócio	30.75	32.60	28.00	28.89	2.3173	0.186	0.750
Tempo gasto por período (minutos)							
Alimentação	23.70	27.26	33.58	33.90	3.6669	0.073	0.397
Ruminação ³	21.98	18.94	17.03	20.52	1.4448	0.694	0.016
Ócio	24.38	24.25	31.63	27.42	1.5880	0.246	0.156
Consumo médio por período de Alimentação (kg)							
MS	0.100	0.135	0.154	0.141	0.0185	0.246	0.168
FDNcp	0.031	0,042	0,047	0,042	0.0522	0.324	0.1793
Equações de regressão							
nº/dia ²	$\hat{Y} = 8.82 (\pm 0.75) - 1.62 (\pm 0.65) \times \text{NU} \quad (R^2 = 15.04)$						
minutos ³	$\hat{Y} = 22.11 (\pm 1.45) - 8.93 (\pm 3.52) \times \text{NU} + 4.05 (\pm 1.61) \times \text{NU}^2 \quad (R^2 = 6,14)$						

EPM = erro padrão da média. ²Significância para efeito linear. ³Significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%; R² = coeficiente de determinação; min = minutos; seg = segundos; h = horas

Apenas o tempo gasto por período em ruminação (minutos) foi afetado de forma quadrática ($P < 0,05$) pelas dietas, sendo o ponto de mínimo de 17,20 em 1,10% de ureia, pois não foi observado efeito sobre os tempos gastos pelos animais tanto em alimentação, como também em ócio, expressos em minutos (Tabela 8). Com relação aos consumos médios de MS e FDNcp por período de alimentação, expressos em quilogramas (kg) também não foi verificado efeito significativo ($P > 0,05$) do uso de ureia na silagem de sorgo nas variáveis mencionadas (Tabela 8).

Com exceção da eficiência de ruminação (g de FDNcp/hora) que foi influenciada de forma quadrática pelas dietas ($P < 0,05$), não foi observado efeito das dietas ($P > 0,05$) sobre as eficiências de alimentação e ruminação, quando expressos em gramas de MS e como também em gramas de MS e FDNcp por bolo, e da mesma forma no número de bolos por dia quando os animais foram alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia (Tabela 9).

Tabela 9. Eficiência de alimentação e ruminação da matéria seca e fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína, número mastigações por bolos ruminados, tempo médio em mastigações por bolo ingerido (segundos) e tempo de mastigação total em horas por dia em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia

Item	Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM ¹	Modelo de regressão Valor-P	
	0	5	10	20		L	Q
Eficiência de alimentação							
g MS / hora	255.18	292.17	282.68	276.29	27.57	0.811	0.500
g FDNcp / hora	85.54	91.41	89.54	81.87	84.41	0.696	0.562
Eficiência de ruminação							
g MS / hora	104.50	102.66	144.55	98.21	8.95	0.939	0.016
g FDNcp / hora ¹	33.61	32.09	45.69	28.62	28.93	0.600	0.017
g MS / bolo	1.52	1.43	1.91	1.48	0.17	0.866	0.194
g FDNcp / bolo	0.48	0.44	0.60	0.43	0.50	0.814	0.135
Nºbolos/dia	373.30	397.24	309.17	367.04	30.49	0.629	0.354
Equação de regressão							
g FDNcp / hora ¹	$Y = 30.92 (\pm 3.70) + 20.56 (\pm 20.56) - 10.63 (\pm 4.26) (R^2 = 15,72)$						

¹EPM = erro padrão da média. ²Significância para efeito linear. ³Significância para efeito quadrático. Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%; R²= coeficiente de determinação. MS = matéria seca, FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína.

3.4. Metabólitos sanguíneos

As concentrações plasmáticas de creatinina, proteínas totais, albumina, globulina, assim como da relação albumina:globulina (A:G), comumente utilizadas para avaliar o perfil proteico dos animais, não sofreram efeito significativo ($P>0,05$) dos níveis de inclusão de ureia na silagem de sorgo. Por outro lado, as concentrações séricas de ureia foram afetadas de forma quadrática pelas dietas ($P<0,05$), sendo estimado ponto máximo de 57,48 quando 8,8 g/kg de ureia foram adicionados a silagem do sorgo (Tabela 10).

Tabela 10. Níveis séricos de metabólitos sanguíneos em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia

Item	Níveis de ureia (g/kg de MN)				EPM ¹	Modelo de regressão	
	0	5	10	20		Valor-P	
						L	Q
Ureia	40.3	58.6	53.9	33.6	3.26	0.038	<0,0001
Creatinina	0.27	0.31	0.29	0.32	0.05	0.237	0.907
PT	4.71	5.13	4,47	5.16	1.02	0.574	0.508
Albumina	2.00	2.28	2.61	2.36	0.52	0.208	0.064
Globulina	3.80	3.87	3.30	3.83	0.82	0.897	0.250
A:G	0.58	0.63	0.73	0.65	0.23	0.521	0.287
COL	61.19	62.70	73.30	57.71	5.35	0.709	0.074
TRIGL	46.53	43.07	48.01	43.17	3.96	0.729	0.743
AST	64.30	67.60	81.90	63.72	0.62	0.997	0.058
ALT	28.88	29.97	30.27	31.26	0.93	0.133	0.791
GGT	45.57	46.26	47.07	51.29	2.12	0.049	0.597

Equação de regressão

$$\text{Ureia } \hat{Y} = 42,17 (\pm 3,38) + 34,66 (\pm 8,39) \times \text{NU} - 19,62 (\pm 3,84) \times \text{NU}^2 \quad (R^2 = 50,84)$$

$$\text{GGT } \hat{Y} = 44,94 (\pm 1,66) + 2,93 (\pm 1,44) \times \text{NU} \quad (R^2 = 10,91)$$

¹EPM = erro padrão da média; ²Significância para efeito linear; ³Significância para efeito quadrático; Valor-P* = probabilidade significativa ao nível de 5%; mg/dL = miligrama por decilitro; g/dL = grama por decilitro. PT= proteínas totais; A:G = relação albumina:globulina; COL = colesterol; TRIG = triglicerídeos; gama-glutamilttransferase (GGT); alanina-aminotransferase (ALT); aspartato-aminotransferase (AST); UI/L = unidade internacional por litro. mg/dL= miligrama por decilitro.

As dietas não promoveram mudanças ($P>0,05$) nos teores plasmáticos de colesterol e triglicerídeos, e de forma similar também não verificado efeito nas atividades séricas das enzimas ALT e AST. Todavia, a atividade sérica da enzima GGT foi influenciada de forma linear crescente ($P<0,05$) à medida que a ureia foi adicionada na silagem de sorgo (Tabela 10).

4.0. DISCUSSÃO

4.1. Consumo e digestibilidade de nutrientes

O valor nutritivo da silagem, segundo Oliveira et al. (2016), afeta o consumo em ruminantes e a digestibilidade de nutrientes sendo principalmente influenciados pelo teor de matéria seca (MS), concentração de carboidratos solúveis em água e as populações de microrganismos presentes na forragem. Além disso, também foi sugerido por Coppock e Wilks (1991) que as reduções de consumo pelos animais podem estar associadas à presença de odores ou sabores desagradáveis, e também devido aos efeitos digestivos sobre a taxa de passagem.

O consumo de animais alimentados com silagem tratada com maiores níveis de ureia pode sofrer incremento devido aos benefícios anteriormente descritos. Todavia, também já foi ressaltado a possibilidade de rejeição do consumo de silagens submetidas ao processo de amonização com ureia devido à seletividade dos animais, tanto por causa do cheiro forte proveniente da forragem, como também por causa do sabor adstringente característico da amônia proveniente da ureia, comprometendo assim a aceitabilidade.

Neste estudo, pelo fato de ter ocorrido rejeição da silagens pelos animais durante o período de adaptação foi necessário realizar uma exposição prévia ao oxigênio (24 horas) destas silagens de modo a ocorrer volatilização da amônia nas silagens submetidas ao tratamento químico com ureia. Apesar desse período de adaptação prévia, os consumos dos animais para PB e FDNcp não foram similares entre os tratamentos, possivelmente associada à volatilização do nitrogênio amoniacal ou efeito do aditivo na fração fibrosa da parede celular.

A inclusão da ureia como fonte de nitrogênio não-proteico nas silagens pode promover um adequado funcionamento do ambiente ruminal. Esse efeito benéfico, segundo Kozloski (2011) pode ocorrer pelo fato de ser uma importante na digestão da fibra das dietas e o efeito que exerce nas bactérias fibrolíticas.

O efeito da ureia na ensilagem do sorgo e conseqüentemente no consumo de extrato etéreo pode ter ocorrido pela efeito na disponibilidade desta fração uma vez que houve semelhança nos teores entre as dietas (Tabela 3). Sendo assim, não seria esperado, portanto uma limitação do consumo pelos animais devido ao aumento da densidade energética das dietas, pois os valores observados foram inferiores aos limites considerados máximos (entre 5 e 7% de EE na MS) para dietas de animais ruminantes (Palmquist e Jenkins, 1980; Vasconcelos & Galyean, 2007).

Segundo Carvalho et al. (2010) a inclusão de aditivos químicos alcalinos em volumosos tem como intuito melhorar a hidrólise da fibra por meio da solubilização

parcial da hemicelulose e expansão e ruptura das moléculas de celulose, aumentando a digestibilidade do alimento como um todo.

Como ressaltado por Pires et al. (2004a), o incremento da digestibilidade materiais fibrosos, devido ao tratamento com ureia pode estar relacionado não somente ao acréscimo do teor de nitrogênio total das forragens, como também ao seu efeito através do rompimento de ligações ésteres entre constituintes da parede celular (fração glicídica) e ácidos fenólicos com a despolimerização parcial da lignina. Ainda de acordo com os autores, o uso da ureia além da solubilização parcial da hemicelulose promove o afrouxamento da parede celular de fazendo com que os microrganismos ruminais tenham maior superfície específica para se agregarem, possibilitando maior digestibilidade.

Apesar dos efeitos benéficos do uso da ureia neste estudo não foram observados incrementos nas digestibilidades dos nutrientes entre as dietas experimentais, com exceção da digestibilidade do FDNcp, que apresentou efeito linear decrescente. Desse modo, verifica-se que houve efeito da ureia na digestão da fibra, o que era esperado, no entanto, não foi suficiente para favorecer o consumo de matéria seca e demais nutrientes.

4.2. Variação de peso corporal

Embora as dietas não tenham promovido efeito significativo ($P>0,05$) sobre o peso final, verificou-se redução nos ganhos de peso médio e total dos animais. Apesar disso, observou-se que devido à semelhança no consumo de matéria seca e dos nutrientes, não foi verificado efeito na eficiência alimentar dos animais. Isso demonstra que mesmo quando foram ofertadas silagens de sorgo tratadas com ureia, terem sido visualizados menores ganhos de peso, modificações na qualidade da silagem ocasionados pelo uso da ureia possibilitaram que apresentassem desempenho similar aqueles animais alimentados com a silagem de sorgo sem aditivo.

Mesmo com a exposição previa ao oxigênio e adaptação às silagens é possível que de alguma forma os níveis de ureia aplicados na silagem e os teores de amônia consumidos tenham sido superiores às exigências dos animais. Esta afirmação pode ser justificada pelo fato de terem sido observadas concentrações séricas de ureia superiores aos valores preconizados para a espécie ovina (Tabela 10). Diante do que foi acima mencionado, possivelmente a redução do ganho de peso dos animais neste estudo pode estar associada com a inclusão de ureia no volumoso, fazendo com que os animais tivessem que despender maior gasto energético para a excreção do excesso da ureia através da urina. Assim, diferente do que é esperado, e ratificando o que foi destacado

por Van Soest (1994), o fornecimento de compostos nitrogenados em níveis superiores ao requerido pelo animal podem estar associados com a queda no desempenho produtivo, já que há gasto de 3 ATP para excreção de 1 molécula de ureia formada. Apesar disso, não foi observado efeito sobre a eficiência alimentar pelos animais,

4.3.Comportamento ingestivo

O efeito do tratamento da silagem de sorgo com ureia promoveu mudanças na composição bromatológica tanto nas silagens ofertadas, como também nas dietas experimentais. Assim, houve variação nos teores de matéria seca e FDNcp, sem alterações nos teores de proteína bruta das dietas, pois foram formuladas de modo a serem isonitrogenadas (Tabelas 1 e 2). Apesar disso, de forma geral essas modificações não foram refletidas no comportamento ingestivo dos animais.

Como verificado neste estudo não houve efeito dos níveis de ureia usados na ensilagem do sorgo sobre o tempo em que os animais dispenderam em alimentação. Assim, a aceitabilidade possivelmente não foi influenciada e isso foi refletido na semelhança verificada no tempo gasto com alimentação. Dessa forma, o odor forte provocado pela amônia teve seu efeito minimizado devido à exposição previa das silagens antes do fornecimento aos animais. Contudo, esse comportamento contraria o que foi descrito por Alves et al. (2010) de que o sabor adstringente da ureia pode resultar em diminuição do consumo a medida em que seus níveis são aumentados na dieta, ocasionando em um maior tempo no cocho no animais para seletividade do alimento fornecido.

A ausência de efeito da ureia na ensilagem de sorgo sobre as variáveis do comportamento ingestivo corroboram com o que foi mencionado por Perazzo et al. (2017) pois pode estar relacionada à composição química semelhante entre as dietas, e ausência dos efeitos esperados da amonização na fração fibrosa. Dessa forma, as semelhança entre os valores de consumo e o tempo de alimentação pelos animais podem ter ocorrido porque todos os animais foram alimentados com dietas contendo a mesma relação volumoso:concentrado (50:50) e que foram fornecidas com o mesmo tamanho de partículas provomendo a mesma taxa de passagem e ruminação.

Apesar de ter ocorrido redução no teor de FDNcp entre as dietas o efeito benéfico do uso da ureia na digestão da parede celular não foi suficiente para promover efeito no comportamento ingestivo de modo que fossem despendidos menores tempos em ruminação nos animais alimentados com as silagens submetidas ao tratamento químico.

O efeito das dietas nas variáveis associadas com a ruminação, em especial a eficiência, conforme Dulphy, Remond e Theriez (1980), é diretamente proporcional ao nível de concentrado, de modo que à medida que se eleva esse nível na dieta, conseqüentemente é observado o aumento da eficiência de ruminação. Entretanto, neste trabalho, a eficiência de ruminação da fibra em detergente neutro não apresentou diferença estatística, o que provavelmente ocorreu em virtude da relação volumoso:concentrado ser similar entre na dieta entre os grupos e pelo fato do teor de FDN não ter tido grande diferença entre os tratamentos analisados.

O teor de FDN das dietas, segundo Van Soest (1994) influencia nos tempos gastos pelos animais em alimentação e ruminação em virtude da resistência desse tipo de material à redução do tamanho de partículas, sendo necessário que gastem tempo em ruminação (MERTENS, 1997). Neste estudo uma menor quantidade de FDN ruminada devido a ação da ureia na parede celular associado ao efeito benéfico nos microrganismos ruminais. De acordo com o que foi mencionado por Reis et al. (2003) e Souza et al. (2001), de que um dos principais benefícios da amonização é que, quando os animais consomem esse tipo de alimento, as bactérias ruminais acabam atuando de forma mais eficaz sobre o substrato, devido ao aumento do teor de proteína bruta sintetizada a partir da adição de nitrogênio não-proteico (NNP).

O tamanho de partícula também exerce efeito no consumo dos animais, e pode ter contribuído para ausência de efeito neste estudo, uma vez que todos os animais foram alimentados com dietas com tamanhos de partículas similares. Essa afirmação corrobora com o que foi mencionado por Van Soest (1994), de que o tamanho de partícula pode ser um fator importante que influencia o valor nutricional do alimento, pois afeta tanto a ingestão de matéria seca, como também a retenção do rúmen e as atividades de ruminação e mastigação (Saenz, 2005). Desse modo, essas eficiências podem ser reduzidas em dietas que apresentam elevado tamanho de partícula e alto teor de fibra, fazendo com que exista uma maior dificuldade para que aconteça a redução do tamanho das partículas provenientes destes materiais fibrosos. Assim, todas as dietas apresentaram capacidades similares de estimular a ruminação pelos animais.

Foram verificados efeitos quadráticos das dietas sobre o tempo gasto por período com ruminação (minutos), tempo gasto com mastigação (horas por dia) e o tempo que os animais despenderam em ócio (minutos por dia). Além disso, o número por período gasto em alimentação pelos animais foi influenciado de forma linear decrescente pelas dietas. Embora não tenha ocorrido efeito das dietas no consumo de FDNcp, a digestibilidade desta

fração foi afetada de forma quadrático negativo. Em decorrência disto, possivelmente houve efeito nas variáveis de comportamento ingestivo associadas com os tempos de alimentação, ócio e ruminação tendo em vista que mudanças períodos que os animais permanecem ingerindo, podem estar associadas com maiores tempos em ruminação, que por sua vez podem exercer efeito nos tempos de ócio.

Assim, pelo fato da inclusão de ureia na silagem de sorgo possibilitar incremento no conteúdo de nitrogênio dos microrganismos ruminais pode exercer aumento na eficiência da atividade microbiana devido ao efeito sobre as bactérias fibrolíticas, promovendo maiores consumos de matéria seca. De forma contrária ao esperado, no menor nível de digestibilidade de FDN_{cp}, seria esperado que houvesse um maior tempo gasto por período com ruminação, devido ao maior tempo gasto para ocorrer a digestão da fibra da silagem. Talvez a quantidade de nitrogênio e a produção de amônia neste nível com mínima digestibilidade possa estar associado com alterações no pH ruminal que não favoreceram o desenvolvimento dos microrganismos fazendo com que comprometesse a digestibilidade do FDN_{cp}, que refletiu na ruminação dos animais.

Houve efeito das dietas no tempo despendido em alimentação de modo que animais alimentados com silagem de sorgo controle sem aditivo permaneceram maiores tempos nesta atividade em relação aqueles em que foi ofertada silagem tratada com ureia. Esse comportamento acaba sendo o oposto do que foi visualizado por Rodrigues et al. (2017) que alimentando cordeiros com silagem de milho com níveis de ureia observou que os animais gastaram mais tempo em alimentação quando foram alimentados com as silagens amonizadas. De acordo com o autor, isso pode ser atribuído possivelmente ao odor mais forte provocado pela amônia, que conseqüentemente reduziu a aceitabilidade pelos animais.

4.4. Metabólitos sanguíneos

Como já mencionado anteriormente, as concentrações séricas de ureia foram influenciadas de forma quadrática pelas dietas utilizadas, possivelmente devido a relação proteína: carboidrato das dietas, ou pelo fato de ureia ser uma fonte de nitrogênio não proteico de rápida degradação a nível ruminal. Apesar da tendência observada, os resultados se apresentaram dentro dos limites de normalidade descritos para a espécie ovina (Kaneko et al., 1997), cujos valores variam de 17.12 to 42.8 mg/dL. Este resultado possivelmente foi devido à concentração de amônia no rúmen que aumentou até um

determinado nível em função do uso da ureia nas silagens de sorgo. Assim, a elevação dos níveis séricos da ureia ocorre pois a NH_3 absorvida pela parede ruminal, entra na corrente sanguínea e é posteriormente transformada em ureia através do ciclo da ureia.

Apesar de não ter sido constatado teores plasmáticos acima da normalidade para a espécie ovina, segundo Andrade-Montemayor et al. (2009) o aumento dos níveis de ureia estão associados a situações em que há excessivo aporte proteico da dieta, baixa ingestão energética ou ainda degradação de forma não sincronizada da energia e proteína. Corroborando o que foi mencionado, Bouda et al. (2000) e Gonzalez (2000b) ressaltaram que o fornecimento de dietas contendo maior quantidade de proteínas fermentáveis estão associadas com maiores concentrações de amônia ruminal em comparação com aqueles que são constituídas de proteínas de degradação mais lenta. Portanto, ainda segundo os autores, esses animais apresentam teores séricos elevados de ureia. Por outro lado, valores baixos de ureia no sangue dos animais, segundo Wittwer (2000) são encontrados em rebanhos em que foram ofertadas dietas com déficit de proteínas.

Os valores de creatinina tanto nos cordeiros alimentados com a silagem de sorgo sem aditivo como também naqueles animais em que foi fornecida silagem tratada com 0, 0,5, 1,0 e 20 g/kg de ureia encontravam-se abaixo dos limites de normalidades descritos para a espécie ovina (Kaneko et al., 1997), que propuseram valores que variam de 1,2 a 1,9 mg/dL. A creatinina plasmática é produto da creatina encontrada nos tecidos musculares (Bush 2004), sendo pouco afetada pela dieta e pelo catabolismo proteico, porém pode ser afetada pelo grau de massa muscular (Russell & Roussel, 2007). Segundo Rennó et al. (2008), a quantidade de creatinina encontrada é diretamente proporcional ao peso vivo. A creatinina plasmática não é um indicador precoce no diagnóstico de insuficiência renal, mas sua presença no plasma pode indicar dano renal relevante e deve sempre ser considerada (Braun et al., 2010). Baixos níveis de creatina podem estar aliados a animais com menor massa muscular, o que não significa que esses animais tenham alguma enfermidade ou que os rins não funcionem adequadamente. Então, os baixos valores de creatinina verificados neste trabalhos podem estar associados à quantidade de massa muscular e ao peso de abate, já que os animais foram abatidos jovens, e ainda estavam em fase de desenvolvimento muscular.

Embora as concentrações séricas de proteínas totais neste estudo não tenham sido influenciadas pelas dietas, os valores observados encontram-se abaixo da faixa de normalidade estipulado por Kaneko et al. (1997), de 6,0 a 7,9 g/ dL. A redução nos níveis proteicos pode sugerir que embora as dietas tenham sido formuladas para serem

isonitrogenadas, mesmo com o uso da ureia nenhum delas forneceu adequado suprimento de proteína. Segundo destacado por Kerr (2003), fatores como perdas sanguíneas ou deficiências nutricionais que promovam debilitação orgânica e podem estar associados com decréscimo nos níveis de proteína séricos.

A ensilagem do sorgo com ureia não influenciou as concentrações séricas de albumina, uma vez os valores obtidos neste estudo encontram-se dentro dos valores de normalidade, que segundo Kaneko et al. (1997), variam de 2,4 a 3,0 g/dL na espécie ovina. Sendo assim, infere-se que durante o período avaliado as dietas não promoveram danos tanto a nível hepático quanto renal. Como ressaltado por Contreras (2000) e Gonzalez (2000a), a concentração de albumina pode influenciada devido a distúrbios no fígado, rins (glomerulopatia), bem como disponibilidade de aminoácidos e perdas durante doenças como parasitismo gastrintestinal.

Não houve efeito das dietas ($P > 0,05$) sobre os níveis de globulina sérica dos cordeiros, que mantiveram-se dentro dos níveis normais descritos por Kaneko et al. (1997) para a espécie ovina, cujos valores variam de 3,4 a 4,7 g/dL. Segundo ressaltado por González e Silva (2006), variações nas concentrações séricas de globulina, comumente não são associados a fatores nutricionais, porém podem avaliar a adaptação dos animais ao estresse a que os animais são submetidos. Segundo ressaltado por Nunes et al. (2010) não há relatos na literatura de que a nutrição é um fator que afeta as concentrações de globulina. Todavia, possíveis causas que contribuem para alterações deste indicador ainda segundo os autores são fatores fisiológicos, estresse, inflamações, infecções parasitárias e bacterianas, toxidez, entre outros. Portanto, devido à ausência do efeito significativo sobre os teores de globulina, é possível inferir que provavelmente os animais utilizados nessas pesquisas não estavam sujeitos a nenhuma das situações acima mencionadas.

Apesar de ter ocorrido efeito quadrático das dietas sobre a relação A:G, os valores observados se encontram dentro do intervalo de normalidade para a espécie ovina, em que os valores variam de 0,6 a 1,3 segundo proposto por Kaneko et al. (1997). O comportamento observado era esperado e seguiu a mesma tendência verificada nas concentrações séricas de albumina, pois trata-se da relação entre os teores de albumina com a globulina. Em virtude de não ter ocorrido efeito sobre os teores de globulina, o efeito significativo é atribuído ao comportamento verificado nos teores de albumina dos animais.

As concentrações de colesterol e triglicerídeos não foram influenciadas ($P>0,05$) pelas dietas, estando as concentrações obtidas dentro dos valores de referência preconizados por Kaneko et al. (1997) que estabelece faixa de normalidade entre 49 – 76 mg/dL e 17,7 a 54,7 mg/dL respectivamente. A ausência de efeito significativo sobre os teores de colesterol já era esperada, haja vista que não houve aumento do teor de gordura das dietas (Wittwer, 2000). Sendo assim, é possível inferir também que os animais não apresentaram obstrução biliar extra hepática, que segundo Santos et al. (2008) também pode fazer com que sejam verificados aumentos representativos nos teores de colesterol. Além disso, diante dos resultados obtidos é possível destacar que a silagem de sorgo tratada com até 2% de ureia no período avaliado não fez com que os animais viessem a desenvolver um quadro de cirrose hepática, pois não foram também observados decréscimo na síntese de colesterol, que conforme Kuntz e Kuntz (2002) é descrito em doenças associadas com graves lesões do parênquima hepático.

As atividades séricas das enzimas hepáticas, aspartato-aminotransferase (AST), alanina-aminotransferase (ALT) não foram influenciadas ($P>0,05$) pelas dietas experimentais, sendo observado que encontravam-se dentro dos valores de normalidade para a espécie ovina, de 60 a 280 UI/L e 26 – 34 UI/L, respectivamente Kaneko et al. (1997). Este resultado permite concluir que as dietas não comprometeram a estrutura hepática. O aumento das taxas séricas dessas enzimas de acordo com Duncam e Prasse (1982), está relacionado a doenças hepatocelulares, em virtude do grau de aumento das concentrações plasmáticas dessas enzimas serem diretamente proporcionais ao número de hepatócitos afetados. Diante da ausência de efeitos sobre os teores de ALT e AST, permite-se inferir que as dietas não ocasionaram degeneração das células hepáticas, haja vista estas enzimas serem comumente liberadas no sangue no momento em que há alguma lesão celular ou comprometimento da integridade da membrana dos hepatócitos (Kaneko et al., 2008).

Por outro lado, a ensilagem de sorgo com ureia promoveu efeito linear crescente nas concentrações de gama-glutamiltransferase (GGT), sendo observados maiores valores nos cordeiros alimentados com silagem de sorgo tratada com 20 g/kg de ureia. Assim, com exceção deste tratamento em que foi observado um valor médio de 52,74UI/L, os valores de GGT mantiveram-se dentro dos limites estipulados por Kaneko et al. (1997), que variam de 20 a 52 UI/L.

Pelo fato de ser considerada uma de enzima de indução, o aumento da produção de GGT geralmente está associado a um estímulo que promova seu extravasamento pelas

células ou pela liberação de fragmentos de membranas que contêm esta enzima (THRALL et al., 2006) ou colestase (SANTOS JÚNIOR et al., 2008). Contudo, mesmo com o incremento, os níveis séricos dessa enzima estavam dentro da normalidade para ovinos (Duncan, 1986), sugerindo que o agente causador não afetou o tecido hepático dos cordeiros de forma acentuada.

Rodrigues (2015), assim como este estudo avaliaram o efeito da ureia utilizada com aditivo na ensilagem de milho nos níveis de 0, 2, 4 e 6% sobre perfil metabólico, de cordeiros terminados em confinamento. Como enfatizado pelo autor, silagens amonizadas podem influenciar nas concentrações de ureia no sangue, em virtude da mesma ser produzida pelo tecido hepático de forma proporcional à disponibilidade de amônia proveniente do rúmen (WITTEWER et al., 1993). Assim, pode afetar não só os tecidos hepáticos, detectado pela presença das enzimas ALT, AST e GGT, como também o perfil proteico (proteínas totais, albumina, globulina e ureia), e em casos de redução no consumo, o perfil energético (colesterol e triglicérides). A partir dos resultados obtidos o autor concluiu que não houve efeito da dieta sobre o perfil proteico (níveis séricos de proteínas totais, albumina, globulina e relação albumina:globulina), todavia as dietas causaram efeito quadrático sobre os níveis de ureia. Com relação ao perfil energético (colesterol e triglicérides) e atividade enzimática (ALT, AST e GGT), também não houve efeito dos níveis de ureia avaliados. Diante do exposto, o uso da ureia na ensilagem de milho forma geral não promove mudanças nos parâmetros sanguíneos de cordeiros.

5. CONCLUSÕES

A inclusão de ureia na silagem de milho promove redução do consumo e digestibilidade dos nutrientes, embora não altere de forma significativa o comportamento ingestivo e perfil metabólico dos animais. Além disso, diminui os ganhos de peso diário e total sem contudo afetar a eficiência alimentar dos animais.

Pelo fato de não proporcionar melhoria no consumo e no desempenho produtivo dos animais, não recomenda-se o uso de até 20 g/kg de ureia na ensilagem do milho em dietas para ovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, E.M.; PEDREIRA, M.S.; OLIVEIRA, C.A.S.; AGUIAR, L.V.; PEREIRA, M.L.A.; ALMEIDA, P. J. P. Intake behavior of sheep fed mesquite pod meal as a function of urea level. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.32, n.4, 439-445, 2010.
- AMARAL, R. C. D., BERNARDES, T. F., SIQUEIRA, G. R., REIS, R. A. Estabilidade aeróbia de silagens do capim-marandu submetidas a diferentes intensidades de compactação na ensilagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.6, 977-983,2008.
- ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. **Official methods of analysis**. 12.ed. Washington, (1990). 1094p.
- BOLSEN, K. K.; SONON, R. N.; DALKE, B.; POPE, R. V.; RILEY, J. G.; LAYTIMI, A. Evaluation of inoculant and NPN silage additives: a summary of 26 trials and 65 farm-scale silages. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, n.1, p.102-103, 1992.
- BOLSEN, K.; ILG, H.; AXE, D.; SMITH, R. Urea and limestone additions to forage sorghum silage. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, n.1, p.82-84, 1985.
- BOUDA, J.; OCHOA, L.N.; QUIROZ-ROCHA, G.F. Interpretação dos perfis de laboratório em bovinos. In: GONZALEZ, F. H. D.; BORGES, J. B.; CECIM, M. **Uso de provas de campo e de laboratório clínico em doenças metabólicas e ruminais dos bovinos**. Porto Alegre, Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p.19-22, 2000.
- BRAUN, J. P.; TRUMEL, C.; BÉZILLE, P. Clinical biochemistry in sheep: A selected review. **Small Ruminant Research**. v.92, n.1, p.10-18, 2010.
- BURGER, P.J.; PEREIRA, J.C.; QUEIROZ, A.C.; SILVA, J.F.C.; VALADARES FILHO, S.C.; CECOM, P.R.; CASALI, A.D.P. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p.236–242, 2000.
- BUSH, B. M. **Interpretação de Resultados Laboratoriais para Clínico de Pequenos animais**. Roca, São Paulo, p. 232, 2004.
- CARVALHO, G.G.P.; REBOUÇAS, R.A.; CAMPOS, F.S.; SANTOS, E.M.; ARAÚJO, G.G.L.; GOIS, G.C.; OLIVEIRA, J.S.; OLIVEIRA, R.L.; RUFINO, L. M. A.; AZEVEDO, J. A. G.; CIRNE, L.G.A. Intake, digestibility, performance, and feeding behavior of lambs fed diets containing silages of different tropical forage species. **Animal Feed Science and Technology**. v. 228, p.140-148, 2017.

- CARVALHO, G. G. P. D.; GARCIA, R.; PIRES, A. J. V.; SILVA, R. R.; JÚNIOR, S.; PINHEIRO, A. A.; RIBEIRO, L. S. O. Consumo e digestibilidade aparente em novilhas alimentadas com dietas contendo cana-de-açúcar tratada com óxido de cálcio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.12, p.2703-2713, 2010.
- CARVALHO, G. G. P. D.; PIRES, A. J. V.; SILVA, H. G. D. O.; VELOSO, C. M.; SILVA, R. R. Methodological aspects of chewing activity of dairy goats fed cocoa meal or palm cake. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n.1, p.103–110, 2007.
- COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 380p. 1979
- CONTRERAS, P. Indicadores do metabolismo proteico utilizado nos perfis metabólicos de rebanhos. In: GONZÁLEZ, H. D.; BARCELLOS, J.; PATINÕ, H. O.; RIBEIRO, L. A. O (Eds.) **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 23-30, 2000.
- COPPOCK, C.E.; WILKS, D.L. Supplemental fat in high energy ration for lactating cows; effects on intake, digestion, milk yield and composition. **Journal of Animal Science**, v.69, n.9, p.3826-3837, 1991.
- COSTA, R.F., PIRES, D.A.D. A., MOURA, M. M. A., SALES, E.C.J.D., RODRIGUES, J.A.S., RIGUEIRA, J.P.S. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.38, n.2, 127-133, 2016.
- DAVIS, G. K.; R. B. BECKER, P. T.; DIX ARNOLD, C. L.; COMAR, S. P. Marshall. Urea in Sorghum Silage (Abstract). **Journal of Dairy Science**. v.27, p.649, 1944.
- DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S.; CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. **Métodos para análises de alimentos – INCT – Ciência Animal**. UFV, p. 214, 2012.
- DETMANN, E.; PINA, D. S.; VALADARES FILHO, S. C.; CAMPOS, J; M. S.; PAULINO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, P. A. HENRIQUES, L. T. Estimação da fração digestível da proteína bruta em dietas para bovinos em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.2101-2109, 2006a.
- DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; HENRIQUES, L. T.; PINA, D. S.; PAULINO, M. F.; VALADARES, R. F. D.; CHIZZOTTI, M. L.; MAGALHÃES, K. A. Estimação da digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos em bovinos utilizando-se o

conceito de entidade nutricional em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1479-1486, 2006c.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; HENRIQUES, L. T.; PINA, D. S.; PAULINO, M. F.; MAGALHÃES, A. L. R.; FIGUEIREDO, D. M.; PORTO, M. O. CHIZZOTTI, M. L. Reparametrização do modelo baseado na lei de superfície para predição da fração digestível da fibra em detergente neutro em condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.1, p.155-164, 2007.

DETMANN, E.; VALADARES FILHO, S. C.; PINA, D. S.; CAMPOS, J. M. S.; PAULINO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, P. A. Estimação da digestibilidade do extrato etéreo em ruminantes a partir dos teores dietéticos: desenvolvimento de um modelo para condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1469-1478, 2006b.

DULPHY, J. P.; REMOND, B.; THERIEZ, M. Ingestive behaviour and related activities in ruminants. In: RUCKEBUSH, Y.; THIVEND, P. (Eds.). **Digestive physiology and metabolism in ruminants**. Lancaster: MTP, 1980. p. 103-122.

DUNCAN, J. R.; PRASSE, K. W. **Patologia Clínica Veterinária**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan, 1982.

DUNCAN, J. R.; PRASSE, K. W. **Veterinary laboratory medicine – clinical pathology**. 2.ed. Ames: Iowa State University Press, 1986. 285p.

ELY, Lane O. The use of added feedstuffs in silage production. 1978.

FREITAS, D.; COAN, R. M.; REIS, R. A.; PEREIRA, J. R. A.; PANIZZI, R. C. Avaliação de fontes de amônia para conservação do feno de alfafa (*Medicago sativa* L.) armazenado com alta umidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.2, p.866-874, 2002.

GETACHEW, G., PUTNAM, D.H., DE BEN, C.M., DE PETERS, E. J. Potential of sorghum as an alternative to corn forage. **American Journal of Plant Sciences**, v.7,n.7, p.1106, 2016.

GONZÁLEZ, F. H. D. Indicadores sanguíneos do metabolismo mineral em ruminantes. In: GONZÁLEZ, H. D.; BARCELLOS, J.; PATINÕ, H. O.; RIBEIRO, L.A. **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. p.31-51.

GONZÁLEZ, F. H. D.; SILVA, S. C. **Introdução à bioquímica clínica veterinária**. Porto Alegre: Gráfica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006, 357p.

GUIM, A., ANDRADE, P.D., ITURRINO-SCHOCKEN, R.P., FRANCO, G.L., RUGGIERI, A.C., MALHEIROS, E.B. Estabilidade aeróbica de silagens de capim- elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) emurchecido e tratado com inoculante microbiano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.6, p.2176-2185,2002.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6. ed. San Diego: Academic Press. 2008. 904p.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J.; BRUSS M. **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5 ed. San Diego: Academic Press, 1997. 932p.

KERR M.G. **Exames Laboratoriais em Medicina Veterinária: bioquímica clínica e hematologia**. 2ª ed. Roca, São Paulo. 2003. 436p.

KOZLOSKI, G.V., 2011. **Bioquímica dos ruminantes**. 3 ed. Santa Maria: Ed. UFSM, 216p.

KUMAR, T.V.A.; SAMUEL, D.V. K.; JHA, S.K.; SINHA, J. P. Twin screw extrusion of sorghum and soya blends: a response surface analysis. *Journal of Agricultural Science and technology*, v.17, p.649–662, 2015.

KUNTZ, E.; KUNTZ, H.D. **Hepatology: Principles and Practice**. 2 ed. New York: Springer Verlag, 2002, 825p.

LEMA, M.; FELIX, A.; SALAKO, S.; CEBERT, E.; BISHNOI, U. Nutrient content and in vitro dry matter digestibility of silages made from various grain sorghum cultivars. *Journal of Applied Animal Research*, v.19, p.129–136, 2001.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M. VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347–358, 1996.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. Marlow: Chalcombe. 2. ed. 1991. 340p.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, n.7, p.1463-1481, 1997.

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.

MIRANDA, N.O.; GOÉS, G.B. DE; ANDRADE NETO, R.C.; LIMA, A.S. Sorgo forrageiro em sucessão a adubos verdes na região de Mossoró, RN. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.5, n.2, p.202-206, 2010.

MONTEMAYOR, H.A.; GASCA, T.G.; KAWAS, J. Ruminal fermentation modification of protein and carbohydrate by means of roasted and estimation of microbial protein synthesis. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.277-291, 2009. (suplemento especial).

MOURA, M. M. A., PIRES, D. A. D. A., COSTA, R. F., TOLENTINO, D. C., RIGUEIRA, J. P. S., SALES, E. C. J. D. Nutritional value of sorghum silages. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.39, n.2, p.137-142, 2017.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. 1.ed. Washington, D.C.: **National Academy Press**, 2007. 384p.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; REINERH, L. L.; DURMAN, T. Aditivos químicos utilizados em silagens. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v.3, n.2, p.187-197, 2010.

NUNES, A. S.; OLIVEIRA, R. L.; AYRES, M. C. C.; BAGALDO, A. R.; GARCEZ NETO, A. F.; BARBOSA, L. P. Condição hepática de cordeiros mantidos com dietas contendo torta de dendê proveniente da produção de biodiesel. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, n.8, p.1825-1831, 2010.

OLAFADEHAN, O.A.; ADEWUMI, M.K.; OKUNADE, S.A. Effects of feeding tannin containing forage in varying proportion with concentrate on the voluntary intake, haematological and biological indices of goats. **Trakia Journal of Sciences**, v.1, 73 – 81, 2014.

OLIVEIRA, J. S.; SANTOS, E. M.; SANTOS, A. P. M. Intake and Digestibility of Silages, *Advances in Silage Production and Utilization*, Dr. Thiago Da Silva (Ed.), InTech, DOI: 10.5772/65280. Available from: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-silage-production-and-utilization/intake-and-digestibility-of-silages>. 2016

PALMQUIST, D.L., JENKINS, T.C. Fat in lactation rations: review. **Jornal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1-14, 1980.

PERAZZO, A. F.; HOMEM NETO, S. P.; RIBEIRO, O. L.; SANTOS, E. M.; CARVALHO, G. G. P.; OLIVEIRA, J. S.; BEZERRA, H. F. C.; CAMPOS, F. S.; FREITAS JUNIOR, J. E. Intake and ingestivo behavior of lambs fed diets containing ammoniated buffel grass hay. **Tropical Animal Health and Production**, v.49, n.4, p.717-724, 2017.

PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; VALADARES FILHO, S.C.; PEREIRA, O. G.; CECON, P. R.; SILVA, F. F.; SILVA, P. A.; VELOSO, C. M. Novilhas alimentadas com bagaço de cana-de-açúcar tratado com amônia anidra e, ou, sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.1078-1085, 2004.

RAMOS, J. P. F.; SANTOS, E. M.; SANTOS, A. P. M.; SOUZA, W. H.; Oliveira, J. S. Ensiling of Forage Crops in Semiarid Regions. In: **Advances in Silage Production and Utilization**. InTech, 2016.

REIS, R. A.; GARCIA, R.; SILVA, D. J. Efeito da aplicação de amônia anidra sobre a composição química e digestibilidade de *in vitro* de fenos de três gramíneas tropicais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.3, p.219-224, 1990.

REIS, R.A.; BERCHIELLI, T.T.; ANDRADE, P; MOREIRA, A. L.; SILVA, E. A. Valor nutritivo do feno de capim coast-cross (*Cynodon dactylon L. Pers*) submetido à amonização. **ARS Veterinária**. v.19, n.2, p.143-149, 2003.

RENNÓ, L. N.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M. F.; LEÃO, M. I.; VALADARES, R. F. D.; RENNO, F. P.; PAIXÃO, M. L. Níveis de ureia na ração de novilhos de quatro grupos genéticos: parâmetros ruminais, ureia plasmática e excreções de ureia e creatinina. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.3, p.556-562, 2008.

REZENDE, P. M. D.; ALCANTARA, H. P. D.; PASSOS, A.; CARVALHO, E. R.; BALIZA, D. P.; OLIVEIRA, G. Rendimento forrageiro da rebrota do sorgo em sistema de produção consorciado com soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 6, n. 2, p. 362-368, 2011.

RODRIGUES, T. C. G.; CARVALHO, G. G. P.; ARAÚJO, G. G. L.; SANTOS, E. M.; FREITAS, P. M. D.; FREITAS JÚNIOR, J. E.; ARAÚJO, F. L.; PERAZZO, A. F. Correlations of the feeding behavior of lambs fed diets containing pearl millet silage with addition of urea. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.5, p.3295-3306, 2017.

RUSSELL, K. A.; ROUSSEL, A.J. Evaluation of the ruminal serum chemistry profile. **Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice**. v.23, n.3, p.403-426, 2007.

SAENZ, E.A.C. Modeling of feed particle size reduction in the ruminants nutrition. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, n.4, p.886-893, 2005.

SANKARAPANDIAN, R.; AUDILAKSHMI, S.; SHARMA, V.; GANESAMURTHY, K.; TALWAR, H. S.; PATIL, J. V. Effect of morpho-physiological traits on grain yield of sorghum grown under stress at different growth stages, and stability analysis. *Journal of Agricultural Science*, v.151, p.630–647, 2013.

SANTOS, E.M.; SILVA, T.C.; MACEDO, C.H.O.; CAMPOS, F.S. Lactic acid bacteria in tropical grass silages” in *Lactic Acid Bacteria: R, D for Food, Health and Livestock Purposes*, ed M. Kongo (Rijeka: InTech), p.335–362, 2013.

SANTOS, J. C. A.; RIET-CORREA, F.; SIMÕES, S. V.; BARROZ, C. S. Patogênese, sinais clínicos e patologia das doenças causadas por plantas hepatotóxicas em ruminantes e eqüinos no Brasil. **Pesquisa Veterinária Brasileira**, v.28, n.1, p.1-14, 2008.

SAS Institute. *Base SAS® 9.0 procedures guide*. Cary, NC: SAS Institute, Inc., 2002.

SINGH, A. P.; PANDITA, N. N. Studies on fermentation of sorghum silage during storage, and its effect on milch animals. **Animal Feed Science and Technology**, v.9, n.2, p.143-148, 1983.

SNIFFEN, C.J.; O’CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. 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.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G.; CECON, P. R.; VALADARES FILHO, S. C.; PAULINO, M.F. Composição químico-bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.983-991, 2001 (supl. 1).

THRALL, M. A.; BAKER D. C.; CAMPBELL T. W. et al. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**, Roca, São Paulo, 2006, p. 335-354.

VAN SOEST, P.J., 1994. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2.ed. Ithaca: Cornell University Press. 476p.

VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VAN SOEST, P. J.; WINE, R. H.U. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. IV. Determinations of plant cell-wall constituents. **Journal of Association of Analytical Chemistry**, v.50, p.50–55, 1967.

VASCONCELOS, J.T.; GALYEAN, M.L. Nutritional recommendations of feedlot consulting nutritionists: The 2007 Texas Tech University survey. **Journal of Animal Science**, v.85, p.2772-2781, 2007.

VIEIRA, F. A. P., BORGES, I., STEHLING, C. A. V., GONÇALVES, L. C., COELHO, S. C., FERREIRA, M. I. C., RODRIGUES, J. A. S. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.764-772, 2004.

WEISS, W.P. **Energy prediction equations for ruminant feeds.** In: Cornell nutrition conference for feed manufacturers, 61., 1999, **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

WITTWER, F.; H. OPITZ; J. REYES; P. C.; CONTRERAS; H. BÖHMWALD. Diagnóstico de desbalance nutricional mediante la determinación de urea em muestras de leche de rebaños bovinos. **Archivos de Medicina Veterinária**, v.25, p.165-172. 1993.

WITTWER, F.; REYES, J. M.; OPITZ, H. Determinación de urea en muestras de leche de rebaños bovinos para el diagnostico de desbalance nutricional. **Archivos de Medicina Veterinaria**, v.25, n.2, p.165-172,1993.

CAPÍTULO III

Silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica em dietas para cordeiros

Silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica em dietas para cordeiros
RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar o impacto da exposição aeróbica de silagens de sorgo tratada com ureia sobre o consumo, digestibilidade, desempenho produtivo, comportamento ingestivo e concentrações séricas dos metabólitos sanguíneos em cordeiros. Quarenta cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, não-castrados, com 4 a 6 meses de idade e peso corporal inicial de $21,73 \pm 2,40$ kg foram utilizados. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 3, com 2 tipos de silagem de sorgo (controle e tratada com 5 g/kg de ureia, com base na matéria natural) e 3 tempos de exposição aeróbica (0, 24 e 48 horas). Os consumos de MS, MO, PB, CNFcp, NDT (kg/dia), MS (g/kg PC^{0,75}) sofreram efeito dos tempos de exposição aeróbica, já os consumos de FDNcp em kg/dia e g/kg PC^{0,75}) e MS (% de PC) pelo pelos tipos de silagem e tempo de exposição (P<0,05). Houve interação (P<0,05) para o CEE (kg/dia) e CFDNcp (% de PC). Apenas a digestibilidade do FDNcp não foi influenciada pelas dietas (P>0,05), enquanto que a DMS, DMO e DPB sofreram efeito (P<0,05) de ambos os fatores. Houve interação (P<0,05) para a digestibilidade de CNFcp. Não houve efeito das dietas (P>0,05) sobre o desempenho produtivo. Os consumos de MS e de FDNcp em 24 horas, os tempos em alimentação, ruminação e ócio, e os tempo gasto em segundos por bolo, não foram influenciados (P>0,05) pelas dietas. Contudo, o n° de mastigações/ bolo e o n° de mastigações durante 24 horas foram influenciados (P<0,05) pelos tipos de silagens. O n° de períodos / dia despendidos nas atividades de ruminação e ócio, os tempos gastos por períodos em ruminação e ócio, assim como o consumo médio de FDNcp por período de alimentação (kg) não foram afetados (P>0,05) pelas dietas. Houve interação (P<0,05) para o n° de períodos por dia, tempo gasto / período (minutos), consumo médio por período de alimentação MS (kg) e para o consumo médio de MS por período de alimentação expresso em quilograma. As variáveis relacionadas com as eficiências de alimentação e ruminação e o n° de bolos / dia foram influenciados (P>0,05) pelos fatores avaliados. Apenas os teores plasmáticos de ureia e atividade de GGT foram influenciados pelos tipos de silagem (P<0,05) e as atividades da ALT e GGT sofreram influência (P<0,05) do período de exposição. As concentrações dos demais metabólitos não foram influenciadas pelas dietas (P>0,05). O fornecimento de sorgo com até 5 g/kg de submetidas a períodos de exposição aeróbica de até 48 horas apesar de melhorar a digestibilidade dos nutrientes, não modifica o consumos dos animais e não influencia de forma expressiva o comportamento ingestivo e perfil metabólico dos animais. Desse modo, diante da falta de resultados relevantes do uso da ureia na ensilagem do sorgo, não é recomendada a sua utilização de até 5 g/kg de ureia na dieta de ovinos.

Palavras-chave: aditivo, consumo, conservação alimentar, desempenho, deterioração, ovinos

Sorghum silage treated with urea submitted to different periods of aerobic exposure in diets for lambs

ABSTRACT

This study aimed to assess the impact of aerobic exposure of urea-treated sorghum silages on the intake, digestibility, productive performance, ingestive behavior and blood metabolites of lambs. Thirty-eight crossbred Dorper x Santa Inês lambs, non-castrated, 4 to 6 months of age and initial body weight of 21.73 ± 2.40 kg were used. Animals were fed with 50% ensiled sorghum with different levels of urea (0 and 5 g/kg based on natural matter) and 50% of concentrate composed of soybean meal, ground corn and mineral premix. Prior to the supply of the animals, an aerobic exposure of the silages was performed, being analyzed in periods of 0, 24 and 48 hours, in a completely randomized design with factorial arrangement 2 x 3. Data were submitted to analysis of variance and regression. The experimental design was completely randomized, in a 2 x 3 factorial arrangement, with 2 types of sorghum silage (control and treated with 0.5% urea) and 3 aerobic exposure times (0, 24 and 48 hours) prior to delivery to the animals. The intakes of DM, OM, CP, NFCap, TDN (kg/day), as DM (g/kg PC^{0.75}) had an effect of aerobic exposure times, 75) and DM (% of PC) by the types of silage and time of exposure ($P < 0.05$). There was interaction ($P < 0.05$) for EE intake (kg/day) and CFDNcp (% PC). Only the digestibility of FDNap was not influenced by the diets ($P > 0.05$), because digestibilities of DM, OM and CP were affected ($P < 0.05$) by both factors. TDN There was interaction ($P < 0.05$) for NFCap digestibility. There was no effect of the diets ($P > 0.05$) on the productive performance. Intakes of DM and NDFap in 24 hours, feeding, rumination and idle times, and the time spent in seconds per bolus, were not influenced ($P > 0.05$) by the diets. However, the number of chews / bolus and the number of chews during 24 hours were influenced ($P < 0.05$) by the types of silages. The number of periods / days spent in rumination and idle activities, the time spent by periods in rumination and idle, as well as the average intake of NDFap per feeding period (kg) were not affected ($P > 0.05$) by diets. There was interaction ($P < 0.05$) for the number of periods per day, time spent / period (minutes), average consumption per period of DM feed (kg) and average DM intake per feed period expressed in kilograms. The variables related to feeding and rumination efficiencies and number of bolus / day were influenced ($P > 0.05$) by the factors evaluated. Only plasma urea levels and GGT activity were influenced by silage types ($P < 0.05$) and ALT and GGT activities were influenced ($P < 0.05$) of the exposure period. The concentrations of the other metabolites were not influenced by the diets ($P > 0.05$). The supply of sorghum up to 5 g / kg under aerobic exposure periods of up to 48 hours despite improving the digestion of nutrients, do not change the animals intakes and not significantly influence the ingestive behavior and metabolic profile of the animals. Thus, due to the lack of relevant results from the use of urea in sorghum silage, its use up to 5 g / kg of urea in the sheep diet is not recommended.

Keywords: alkaline additive, forage conservation, deterioration, intake, performance, sheep

1. INTRODUÇÃO

A silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench), segundo Teixeira et al. (2014) em condições áridas e semi-áridas e elevadas altitudes apresenta crescimento favorecido sobre a silagem de milho. Ainda conforme os autores, o uso desta silagem na alimentação de ruminantes é atribuído a fatores como menor exigência de fertilidade do solo, menores custos de produção, possibilidade de um segundo corte bem como maior resistência à seca e temperaturas elevadas.

Segundo Santos (2014) existe similaridade das características fermentativas dessa silagem com aquela produzida a partir do milho, porém em algumas situações, o maior teor de carboidratos solúveis em água da forragem pode possibilitar a produção de uma silagem ácida e aumentar a produção de etanol em virtude da atividade de leveduras. McDonald et al. (1991) destacaram que silagens que ricas em carboidratos e bem preservadas, com elevadas concentrações de ácido láctico e baixos teores de ácidos graxos voláteis tem sido relatadas como sendo mais propensas à deterioração aeróbica. Portanto, apesar da qualidade nutricional é relevante que sejam desenvolvidas formas de promover uma maior estabilidade da silagem de sorgo após a exposição ao oxigênio.

As silagens de cereais integrais, como trigo, sorgo e milho, são susceptíveis à deterioração aeróbica. A susceptibilidade à deterioração é um fator muito importante que determina a qualidade e digestibilidade da silagem (Ashbell et al., 2002). Portanto, é muito importante encontrar aditivos adequados que inibam os fungos e protejam a silagem após exposição aeróbica (Flya et al., 2006).

A avaliação da estabilidade aeróbica, conforme Ávila et al. (2015) é uma importante ferramenta utilizada para a análise da qualidade da silagem. Portanto, quando ocorre deterioração da silagem, o valor nutricional da forragem conservada é reduzido pois ocorre perda dos produtos da fermentação, os quais são substratos potencialmente digestíveis (Daniel et al., 2013). Diversos fatores podem estar associados e influenciar a extensão a que a silagem pode permanecer estável ou não ao ar, dentre eles merece destaque e importância o fluxo de oxigênio para o interior do silo (Woolford, 1990).

Como supracitado, o ar é a principal causa de comprometimento da qualidade da silagem, pois possibilita a respiração e atividade de microrganismos indesejáveis ou potencialmente patogênicos, que promovem perdas fermentativas de matéria seca e nutrientes (Driehuis e Oude Elferink, 2000). Portanto, as modificações que acontecem durante a fase aeróbica de alimentação, segundo Wilkinson e Davies (2013), apresentam semelhante relevância com aquelas que acontecem na fase de armazenamento anaeróbio

da silagem sob o aspecto de preservação de nutrientes e da manutenção da boa qualidade até o momento de fornecimento aos animais.

Kung (2014) mencionou que vários aditivos químicos com propriedades antifúngicas têm sido utilizados para estabilidade aeróbica de silagens. Dentre eles é possível citar o uso da ureia, que segundo Neumman et al. (2010) tem seu efeito benéfico aumentando a estabilidade da forragem conservada, pelo fato de atuar sem distinção em todos os processos na silagem. Ainda de acordo com os autores, esse aditivo age sobre microrganismos e fermentações indesejáveis, bem como no controle da proteólise secundária ou crescimento aeróbio.

Analisando o impacto da exposição aeróbica de silagens de gramíneas no consumo de matéria seca e preferência em caprinos, Gerlach et al. (2014) concluíram que os animais conseguiram detectar sutis modificações causadas pela entrada de oxigênio, às vezes mesmo antes que um aumento na temperatura ou mudanças na composição química ocorram. Dessa forma, isso corrobora a suposição de diferentes autores de que compostos não voláteis não identificados podem afetar a preferência e a ingestão de alimentos.

Dessa forma, objetivou-se com o presente estudo avaliar o impacto da exposição aeróbica de silagens de sorgo tratadas com ureia sobre o consumo e digestibilidade de nutrientes, desempenho produtivo, comportamento ingestivo e metabólitos sanguíneos em cordeiros terminados em confinamento.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Local de realização do estudo

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental de São Gonçalo dos Campos, pertencente à Escola de Medicina Veterinária da UFBA, de março de 2013 a junho de 2013. Os animais foram alojados em baias individuais, cobertas, com piso ripado e suspenso, equipadas com bebedouros e cochos de alimentação, de modo que houvesse acesso irrestrito à água e às dietas durante todo o período experimental.

2.2. Animais, tratamentos e manejo experimental

Foram utilizados 40 cordeiros mestiços Dorper x Santa Inês, machos, não-castrados, vacinados contra clostridioses e everminados, com média de cinco meses de idade e peso corporal inicial de $21,73 \pm 2,40$ kg, . Este estudo foi submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Bahia (CEUA-UFBA), sendo obtida aprovação (número do protocolo 86/2017).

O ensaio teve duração de 25 dias, sendo 10 dias destinados a adaptação dos animais às dietas e ao manejo experimental, e 15 dias posteriores para à coleta de dados. Foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial (2 x 3), considerando os fatores: silagem (controle – sem adição de ureia e adição de 5 g/kg de ureia, com base a matéria natural) e período de exposição ao oxigênio (zero, 24 e 48 horas).

Os cordeiros foram alimentados duas vezes ao dia, às 09:00 e às 16:00 horas, na forma de mistura completa. O concentrado foi composto de milho moído e farelo de soja, premix mineral e ureia e como volumoso utilizou-se a silagem de sorgo (*Sorghum bicolor* Moench L.), que compôs 50% das dietas (Tabela 2).

As dietas foram formuladas de modo a serem isonitrogenadas (14% de PB) segundo as recomendações do *National Research Council* (NRC, 2007), para atender as exigências nutricionais para cordeiros com ganhos de peso estimados de 200g/dia. Durante todo o experimento foram coletadas amostras dos ingredientes e das dietas para análise de sua composição bromatológica (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Composição bromatológica dos ingredientes utilizados nas dietas experimentais

Item	Milho moído	Farelo de soja	Silagem 0 g/kg U 0h	Silagem 0 g/kg U 24 h	Silagem 0g/kg 48h	Silagem 5 g/kg U 0h	Silage m 5 g/kg U 24 h	Silage m 5 g/kg U 48 h
MS	90.30	91.49	25.81	26.69	26.91	21.38	21.27	21.15
MO ¹	98.34	92.46	94.9	94.75	95.38	93.49	93.37	94.27
MM ¹	1.66	7.54	5.10	5.25	4.62	6.51	6.63	5.73
EE ¹	4.11	2.08	1.73	1.91	1.25	4.67	3.09	2.57
PB ¹	8.16	46.89	8.07	7.65	7.17	11.07	11.37	12.12
PIDN ¹	10.18	5.97	6.62	6.28	6.95	8.05	5.45	3.17
PIDA ²	15.22	14.33	20.28	19.41	22.61	20.63	25.79	18.31
FDN ¹	13.19	11.32	62.11	58.98	58.33	55.60	54.04	52.82
FDA ¹	3.80	7.87	40.13	39.47	38.21	42.36	37.98	38.79
Lignina	0.92	0.58	6.77	6.67	6.55	8.07	6.65	7.05
Hem. ¹	9.39	3.45	21.98	19.51	20.12	13.24	16.06	14.03
CNF ¹	72.88	32.17	22.99	26.21	28.63	22.15	24.87	26.76

¹Valor expresso em % da matéria seca. PIDN¹= proteína indigestível em detergente neutro (% da proteína bruta), PIDA² = proteína indigestível em detergente ácido (% da proteína bruta); CHOT = carboidratos totais.

Tabela 2. Composição percentual dos ingredientes e bromatológica das dietas experimentais

Ingrediente (% MS)	Nível de adição de ureia (g/kg de MN)					
	0			0,5		
Grão de milho moído	38.0			38.5		
Farelo de soja	10			10		
Premix mineral ^a	1.5			1.5		
Ureia	0.5			0		
Silagem de sorgo	50.00			50.00		

	Composição bromatológica das dietas					
	Silagem	Silagem	Silagem	Silagem	Silagem	Silagem
	0 g/kg U 0h	0 g/kg U 24h	0g/kg U 48h	5 g/kg U 0h	5 g/kg U 24h	5 g/kg 48 h
MS	58.37	58.81	58.92	56.10	56.05	55.99
MO ¹	94.07	93.99	94.31	93.85	93.79	94.24
MM ¹	3.38	6.01	5.69	5.44	5.52	5.20
PB ¹	13.23	13.02	13.78	13.37	13.52	13.89
EE ¹	2.63	2.72	2.39	2.66	2.75	2.42
PIDN ² (% da PB)	12.50	12.33	12.66	13.32	12.02	10.88
PIDA ³ (% da PB)	17.36	16.92	18.52	17.61	20.19	16.45
FDN ¹	37.20	35.63	35.31	34.01	33.23	32.49
FDA ¹	22.30	21.97	21.34	23.43	21.24	21.86
Lignina ¹	3.79	3.74	3.68	4.45	3.74	3.94
Hemicelulose ¹	14.9	13.66	13.97	10.58	11.99	10.63
CNF ¹	42.41	44.02	45.23	42.35	43.71	44.66
CHOT ¹	79.61	79.65	80.54	76.36	76.94	77.28
NDT ⁴	69.93	67.38	64.83	71.18	67.23	65.33

^aNíveis de garantia (por kg em elementos ativos): cálcio - 120 g; fósforo - 87g; sódio - 147g; enxofre - 18g; cobre - 590 mg; cobalto - 40mg; cromo - 20 mg; ferro - 1.800 mg; iodo - 80 mg; manganês - 1.300 mg; selênio - 15 mg; zinco - 3.800 mg; molibdênio - 300 mg; flúor máximo - 870 mg; solubilidade do fósforo (P) em ácido cítrico a 2% mínimo - 95%.

¹Valor expresso em % da matéria seca (MS). MO = Matéria orgânica; MM = Matéria mineral; PB = Proteína bruta; EE = Extrato etéreo; FDN = Fibra em detergente neutro; FDA = Fibra em detergente ácido; CNF = Carboidratos não-fibrosos; CHOT = Carboidratos totais;

PIDN¹= proteína indigestível em detergente neutro; PIDA² = proteína indigestível em detergente ácido; ⁴ Nutrientes digestíveis totais estimados pelas equações de Detmann et al. (2006a, 2006b, 2006c, 2007).

2.3. Coleta de amostras e análises laboratoriais

Durante o período experimental foram coletadas semanalmente amostras do fornecido e das sobras, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer a -20°C. Após o descongelamento, amostras de volumoso, concentrado e as sobras foram submetidas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C durante 72 horas. Em seguida, trituradas em moinhos de faca tipo *Willey* com peneira de 1 mm, armazenadas em frascos plásticos com tampa identificados para posteriores análises laboratoriais.

Dessa forma, conforme as metodologias descritas na AOAC (2006) foram realizadas as determinações dos teores de matéria seca (MS - Método 934.01), matéria mineral (método 942.05), proteína bruta (PB - método 981.10), e extrato etéreo (EE - método 920.39). As análises de fibra em detergente neutro (FDN) foram corrigidas para cinzas e proteína (FDNcp), conforme as especificações descritas em INCT - Detmman et al. (2012). Para a determinação da fibra em detergente ácido utilizou-se a metodologia proposta por Van Soest et al. (1991).

Como mencionado, o teor de FDN e FDA foram corrigidos para cinzas e proteína e, para tal, o resíduo da fervura em detergente neutro foi incinerado em mufla a 600°C por 4 horas, e a correção para proteína foi efetuada descontando-se o teor de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente neutro ácido (PIDA) segundo Licitra et al. (1996). A lignina foi determinada por meio do tratamento do resíduo de fibra em detergente ácido com ácido sulfúrico a 72%, conforme Van Soest e Wine (1967).

Os teores de carboidratos totais (CHT) foram estimados segundo Sniffen et al. (1992), em que $CHT = 100 - (\%PB + \%EE + \%MM)$. Os carboidratos não-fibrosos (CNF) dos ingredientes foram calculados de acordo com Mertens (1997), considerando no cálculo o valor de FND corrigido para cinzas e proteína. O teor de proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram obtidos segundo recomendações de Licitra et al. (1996).

O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) foi estimado através da fórmula proposta por Weiss et al. (1999): $NDT = PBD + 2,25 \times EED + CNFD + FDND$, sendo PBD, EED, CNFD e FDND as frações digestíveis da proteína bruta, extrato etéreo, carboidratos não-fibrosos e fibra em detergente neutro, respectivamente. O teor de nutrientes digestíveis totais (NDT) descritos nas Tabelas 2 e 3 foram estimados foram

calculados conforme as fórmulas de estimativas de digestibilidade de cada fração analítica, para vacas em lactação:

- (1) $CNFad\% = 0,9507CNFcp\% - 5,72$ (Detmann et al., 2006a)
- (2) $EEad\% = 0,8596EE\% - 0,21$ (Detmann et al., 2006b)
- (3) $PBad\% = 0,7845PB\% - 0,97$ (Detmann et al., 2006c)
- (4) $FDNd_{vL}\% = 0,67 \times \{(FDNcp - L) \times [1 - (L/FDNcp)^{0,85}]\}$ Detmann et al. (2007)

Em que: CNFad = carboidratos não-fibrosos aparentemente digestível; EEad = EE aparentemente digestível; PBad = PB aparentemente digestível e, $FDNd_{vL}$ = fibra em detergente neutro corrigida para cinza e proteína efetivamente digestível.

Após a estimativa das frações analíticas digestíveis, foi estimado o NDT conforme a seguinte equação: $NDT = CNFad\% + EEad\% + PBad\% + FDNd_{vL}\%$

2.4. Estimativa do consumo de nutrientes

O consumo dos nutrientes foi estimado por meio da diferença entre o total de cada nutriente contido nos alimentos ofertados e o total de cada nutriente contido nas sobras, e foram expressos em gramas por dia (g/dia), gramas por quilo do peso corporal (g/kg PC) e gramas por quilo de peso metabólico (g/kg PC^{0,75}), que é obtido por meio da divisão do consumo diário (g) pelo peso corporal 0,75.

Diariamente, às 07:00 horas da manhã, antes do fornecimento da refeição matutina, as sobras foram recolhidas e pesadas em balança digital para determinação do consumo de matéria seca. Dessa forma, o consumo de matéria seca foi obtido através do ajuste da quantidade de ração ofertada aos cordeiros de modo a permitir entre 10 e 20% de sobras.

2.5. Ensaio de digestibilidade

O ensaio de digestibilidade foi realizado através do método da coleta total de fezes. Assim, os três primeiros dias foram destinados à adaptação dos cordeiros às bolsas coletoras e os dois dias subsequentes destinados à coleta total de fezes. O material foi coletado diretamente das bolsas coletoras, duas vezes ao dia (08:00 e 15:00 horas). Após ter sido registrada a produção total de fezes de cada animal foram retiradas alíquotas de aproximadamente 10% do total coletado, as quais foram acondicionadas em sacos plásticos individuais, identificados que foram armazenadas em freezer. Durante o ensaio foram coletadas amostras dos alimentos fornecidos que também foram acondicionados em sacos plásticos, que foram submetidas à pré-secagem em estufa com circulação forçada a 65°C por 72 horas. Em seguida, realizou-se a moagem em moinho tipo *Willey*

com peneira de 1 mm sendo elaboradas amostras compostas por animal, as quais foram devidamente acondicionadas em frascos plásticos identificados para posteriores análises laboratoriais (Detmann et al., 2012). Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes foram calculados da seguinte forma:

$$CD = \frac{[(\text{kg da fração de nutriente ingerida} - \text{kg da fração de nutriente excretada})]}{(\text{kg da fração de nutriente ingerida})} \times 100$$

Os teores de nutrientes digestíveis totais (NDT) foram obtidos a partir da seguinte equação: $\text{NDT (\%)} = (\text{Consumo de NDT} / \text{Consumo de MS}) \times 100$.

2.6. Avaliação do comportamento ingestivo

Para avaliação do comportamento ingestivo, os animais foram submetidos à observação visual durante um período de 24 horas, em intervalo de cinco minutos, para a avaliação dos tempos de alimentação, ruminação e ócio (Carvalho et al., 2007). Durante as avaliações noturnas o ambiente foi mantido com iluminação artificial. No mesmo dia foram realizadas três observações de cada animal divididas em três períodos: manhã, tarde e noite. Nestes períodos foram registrados o número de mastigações por bolo ruminal e o tempo gasto para ruminação de cada bolo. A coleta de dados para saber o tempo gasto em cada atividade foi feita com o auxílio de cronômetros digitais, manuseados por observadores, que ficaram dispostos de forma a não interferir no comportamento dos animais.

Para estimar as variáveis comportamentais de alimentação e ruminação (min/Kg MS e FDN), eficiência alimentar (gMS e FDN/hora) e consumo médio de MS e FDN por período de alimentação, valores de consumo voluntário de MS e FDN foram utilizados sendo registradas de forma individual as sobras deixadas pelos animais no cocho durante os dias de realização do comportamento ingestivo. Os dados das variáveis do comportamento foram obtidos de acordo com a metodologia descrita por Bürger et al (2000).

O número de bolos ruminados diariamente foi calculado dividindo-se o tempo total de ruminação (minutos) pelo tempo médio gasto com a ruminação de um bolo. Para a concentração de MS e FDN em cada bolo ruminado (gramas) dividiu-se a quantidade de MS e FDN consumida (g/dia) em 24 horas pelo número de bolos ruminados num dia.

A eficiência de alimentação e ruminação foi obtida conforme as seguintes fórmulas:

$$EALMS = CMS / ALIM$$

$$EALFDN = CFDN / ALIM$$

onde: EALMS (g MS consumida/h); EALFDN (g FDN consumida/h) = Eficiência de alimentação; CMS e CFDN = consumo diário de matéria seca e fibra em detergente neutro, respectivamente; ALIM = tempo gasto em alimentação por dia.

$$\text{ERUMS} = \text{CMS/RUM} \text{ e } \text{ERUFDN} = \text{CFDN/RUM}$$

Em que: ERUMS (g MS ruminada/h); ERUFDN (g FDN ruminada/h) = Eficiência de ruminação; CMS e CFDN = consumo diário de matéria seca e fibra em detergente neutro, respectivamente; RUM = tempo gasto em ruminação por dia.

$$\text{TMT} = \text{ALIM} + \text{RUM}$$

Em que: TMT (min/dia) = tempo de mastigação total

O número de períodos de alimentação ruminação e ócio foram contados observando o número sequencial de atividades na planilha de anotações. O tempo médio diário desses períodos foi calculado dividindo-se a duração total de cada atividade (alimentação, ruminação e ócio) pelo seu respectivo número de períodos.

As amostras de volumoso, concentrado e sobras de cada animal após as avaliações de comportamento ingestivo foram coletadas e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenados em freezer -20°C sendo posteriormente submetidas às análises laboratoriais para a estimativa do consumo e eficiências de alimentação e ruminação.

2.6. Metabólitos sanguíneos

Os metabólitos sanguíneos de cada animal foram avaliados por meio da coleta de aproximadamente 10 mL de amostra de sangue em tubos *vacutainer* contendo anticoagulante (EDTA), as quais foram mantidas à temperatura ambiente até a retração do coágulo. Em seguida, realizou-se a centrifugação a 3.500 rpm por 15 minutos para a obtenção do soro sanguíneo, sendo este então armazenado em mini-tubos *ependorf* devidamente identificados e conservados em freezer a -20°C para posteriores análises.

As concentrações séricas de proteína total e albumina foram realizadas pelo método colorimétrico, com reagente de biureto, e solução de verde de bromocresol através de *kits* comerciais Doles (proteínas totais, albumina), sendo as leituras realizadas em espectrofotômetro com comprimentos de onda de 550 e 630 nm, respectivamente. O teor de globulinas foi calculado pela diferença matemática entre o teor de proteína total e albumina sérica, sendo os valores expressos em g/dL. A relação albumina:globulina foi obtida a partir da divisão do valor da fração albumina pelo valor total da fração globulina. Os níveis séricos de ureia foram determinados por sistema cinético, utilizando-se *kits*

comercial Doles (Ureia UV) sendo a leitura procedida em espectrofotômetro com comprimento de onda de 340 nm, levando-se em consideração que 47% desta é composta por nitrogênio. Os teores plasmáticos de creatinina foram quantificados por meio do uso de kit comercial Doles (Creatinina) através do sistema colorimétrico sendo realizada a leitura em espectrofotômetro utilizando-se comprimento de onda de 520 nm.

As concentrações séricas de colesterol e triglicerídeos foram determinaads utilizando-se *kits* comerciais Doles (colesterol enzimático líquido e triglicérides enzimático líquido) através da técnica enzimática, sendo as leituras feitas em espectrofotômetro utilizando-se comprimento de onda de 510 nm.

As atividades das enzimas para avaliação do metabolismo hepático, alanina-aminotransferase (ALT), aspartato-aminotransferase (AST) e gama-glutamilttransferase (GGT) foram mensuradas pelo sistema cinético utilizando-se kits comerciais Doles (ALT/TGP; AST/TGO e γ -GLUTAMILTRANSFERASE) sendo a leitura procedida em espectrofotometro com comprimentos de onda de 340 nm para ALT e AST e de 530 nm para GGT..

Como mencionado anteriormente, todas as leituras dos metabólitos sanguíneos foram procedidas utilizando-se espectrofotômetro semi-automático (SBA 200[®], CELM, São Caetano do Sul, Brasil) de acordo com os respectivos comprimentos de ondas.

2.9. Análises estatísticas

Os animais foram distribuídos em um delineamento experimental utilizado inteiramente casualizado, com quatro e 10 repetições por tratamento, arranjado em esquema fatorial 2 x 3, cujos fatores foram: as duas fontes de silagem de sorgo (sorgo controle – sem aditivo e sorgo tratado com 5 g/kg de ureia, com base na matéria natural) e 3 períodos de exposição aeróbica da silagem (0, 24 e 48 horas) previamente ao fornecimento para os animais.

Foi utilizada a análise de variância (ANOVA) segundo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 3, sendo considerado o peso corporal inicial como covariável para as variáveis de desempenho. As médias dos mínimos quadrados foram comparadas pelo teste de Tukey, considerando 5% de probabilidade para o erro tipo I. todas as análises foram feitas através do PROC MIXED do SAS, considerando o modelo descrito abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + s_i + T_{ej} + s_i \times T_{ej} + e_{ijk}$$

μ = média

s_i = Efeito fixo da silagem

T_{ej} = Efeito aleatório do tempo de exposição aeróbica

$s_i \times T_{ej}$ = Efeito da interação entre a silagem e tempo de exposição aeróbica

e_{ijk} = Erro

3. RESULTADOS

Os consumos de MS, MO, PB, CNFcp, NDT, expressos em kg por dia, MS em g/kg $PC^{0,75}$ sofreram efeito ($P < 0,05$) somente dos tempos de exposição aeróbica. Desse modo, os valores de consumo de silagens submetidas ao tempo 0 e 24 horas de exposição

aeróbica não diferiram entre si ($P>0,05$), porém foram diferentes do consumo observado nos animais alimentados com a silagem com 48 horas de aerobiose (Tabela 3).

Os consumos de FDNcp (kg/dia) e (g/kg PC^{0,75}) e MS (% de PC) sofreram efeito ($P<0,05$) tanto dos tipos de silagem como também do tempo de exposição ao oxigênio. Avaliando-se o tipo de silagem ofertada, é possível verificar que os maiores valores para estes consumos, nas diferentes formas de expressão, foram observados quando foi fornecida silagem controle aos animais, em comparação a silagem de sorgo tratada com 5 g/kg de ureia.

Tabela 3. Consumo diário dos componentes nutricionais em kg, g/kg de PC e g/kg PC^{0,75} em em cordeiros mestiços alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Item	Ureia (g/kg de MN)		P	Tempo de exposição aeróbica			P	Interação P	EPM
	0	5		0 horas	24 horas	48 horas			
Consumo em kg/dia									
MS	0,814	0,779	0,4189	0,871 ^a	0,822 ^a	0,695 ^b	0,0107	0,4022	0,039
MO	0,763	0,732	0,4481	0,818 ^a	0,772 ^a	0,653 ^b	0,0110	0,4330	0,041
PB	0,114	0,110	0,4219	0,122 ^a	0,116 ^a	0,098 ^b	0,0103	0,6826	0,005
EE	0,022	0,029	<0,0001	0,030	0,026	0,020	<0,0001	0,0057	0,001
FDNcp	0,274	0,233	0,0097	0,279 ^a	0,257 ^{ab}	0,225 ^b	0,0220	0,8182	0,012
CNFcp	0,336	0,380	0,4568	0,395 ^a	0,389 ^a	0,335 ^b	0,0412	0,3829	0,018
NDT	0,561	0,591	0,3903	0,637 ^a	0,578 ^a	0,514 ^b	0,0257	0,9081	0,032
Consumo em % PC ^{0,75}									
MS	83,92	81,04	0,3918	88,37 ^a	84,54 ^a	74,54 ^b	0,0090	0,4096	3,314
FDNcp	37,19	32,82	0,0075	37,63 ^a	35,32 ^{ab}	32,06 ^b	0,0202	0,7908	1,234
Consumo em % de PC									
MS	2,84	2,68	0,0390	2,91 ^a	2,79 ^a	2,59 ^b	0,0057	0,3688	0,074
FDNcp	0,87	0,79	0,0040	0,84	0,88	0,79	0,0419	<0,0001	0,024

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey ($P<0,05$); PC = peso corporal; PC^{0,75} = peso metabólico

Com relação ao efeito do tempo de aerobiose, verificou-se que os consumos destas frações nutricionais apresentaram o mesmo comportamento entre si, em que animais alimentados com silagem submetida a 0 horas de aerobiose apresentaram consumo superior e que diferiu estatisticamente ($P<0,05$) daqueles animais que foram alimentados com a silagem com tempo de 48 horas de exposição aeróbica. Entretanto, o consumo dos animais alimentados com a silagem com 24 horas de exposição não diferiu ($P>0,05$) dos outros tratamentos.

Houve interação ($P < 0,05$) entre os tipos de silagem e os períodos de exposição aeróbica para os consumos de extrato etéreo (kg/dia) e CFDNcp (g/kg de PC) (Tabela 3.1).

Observou-se diferença ($P > 0,05$) no consumo de extrato etéreo dos animais alimentados com silagem sem inclusão de ureia (0%) submetidas ao tempo 0 e 24 horas em comparação ao tempo de 48 horas. Com relação a silagem com nível de 5 g/kg de ureia, todos os tempos de exposição aeróbica diferiram estatisticamente entre si ($P < 0,05$). Desse modo, tanto na silagem controle como na silagem com 5 g/kg de ureia houve decréscimo do consumo de EE, sendo verificados menores valores no tempo com maior exposição. Somente no tempo de 0 horas foi verificado diferença significativa ($P < 0,05$) no CEE quando houve comparação dos animais alimentados com a silagem controle e aqueles em que foi fornecida a silagem com 5 g/kg de ureia.

Tabela 3.1. Desdobramento das interações de consumo de extrato etéreo (kg/dia), CFDNcp (g/kg PC) em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Variável	Ureia (g/kg de MN)	Tempo de exposição aeróbica			Média
		0 horas	24 horas	48 horas	
CEE (kg/dia)	0	0,023 ^{Ba}	0,024 ^{Aa}	0,019 ^{Ab}	0,022
	5	0,037 ^{Aa}	0,028 ^{Ab}	0,022 ^{Ac}	0,029
Média		0,030	0,026	0,021	
CFDNcp (% de PC)	0	0,777 ^{Bc}	0,992 ^{Aa}	0,861 ^{Ab}	0,877
	5	0,892 ^{Aa}	0,765 ^{Bb}	0,722 ^{Bb}	0,793
Média		0,835	0,879	0,792	

Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente.

Animais alimentados com silagem controle (sem aditivo) apresentaram consumo de FDNcp (g/kg PC) que diferiu estatisticamente entre si ($P < 0,05$) devido aos diferentes períodos de aerobiose. Desse modo, foi observado maior consumo de CFDNcp no tempo de 24 horas e menor no tempo de 0 horas.

Com relação aos animais em que foi ofertada a silagem de 5 g/kg de ureia, somente houve diferença significativa ($P < 0,05$) no CFDNcp quando a silagem foi submetida ao tempo de 0 horas, pois animais alimentados com as silagens expostas durante 24 e 48 horas não apresentaram diferença entre si no consumo da fração fibrosa da silagem. Independentemente dos tempos de exposição aeróbica analisados, houve efeito ($P < 0,05$) das silagens testadas sobre o CFDNcp dos animais. Portanto, com exceção do tempo de

0 horas, em que foi verificado maior consumo de FDNcp na silagem com 5 g/kg de ureia, nos demais tempos de aerobiose os maiores consumos ocorreram na silagem controle.

Com exceção da digestibilidade do FDNcp que não foi influenciada ($P > 0,05$) nem pelo tipo de silagem, e nem pelos tempos de exposição aeróbica, as digestibilidades da matéria seca (DMS), matéria orgânica (DMO) sofreram efeito ($P < 0,05$) de ambos os fatores avaliados. Dessa forma, tanto para DMS, como para a DMO, os maiores valores foram observados na silagem de sorgo tratada com 5 g/kg de ureia. Com relação ao efeito dos tempos de exposição aeróbica sobre as variáveis mencionadas, observou-se que ambas apresentaram o mesmo comportamento, em que maiores valores foram observados nas silagens no tempo de 0 horas, e os menores valores nas silagens submetidas a 48 horas de aerobiose.

Tabela 4. Digestibilidade aparente das frações nutricionais (%) de dietas com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Item (%)	Ureia (g/kg de MN)		P	Tempo de exposição aeróbica			P	Interação P	EPM
	0	5		0	24	48			
MS	67,44	71,34	0,0214	72,19 ^a	68,79 ^{ab}	67,20 ^b	0,0477	0,2938	1,482
MO	68,13	72,31	0,0132	72,97 ^a	69,61 ^{ab}	68,07 ^b	0,0487	0,3117	1,460
PB	83,39	77,30	0,0002	84,34 ^a	80,26 ^b	76,44 ^c	0,0002	0,2365	1,420
EE	78,00	81,85	0,0827	83,10	77,45	79,07	0,1019	0,5689	2,062
FDNcp	44,16	44,73	0,8435	47,20	45,22	40,92	0,2053	0,8829	2,645
CNF	82,43	87,22	0,0010	87,22	82,88	84,38	0,0276	0,0115	1,187
NDT	68,31	73,28	0,0012	73,17	69,88	69,34	0,0584	0,2976	1,245

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey ($P < 0,05$); MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína; CNF = carboidratos não-fibrosos; NDT = nutrientes digestíveis totais

De forma similar ao que foi verificado na DMS e DMO, também houve efeito ($P < 0,05$) dos tipos de silagem e dos tempos de exposição aeróbica sobre a digestibilidade da proteína bruta. Porém, a silagem de sorgo sem aditivo apresentou maior DPB, em comparação à silagem com 5 g/kg de inclusão de ureia. Com relação a digestibilidade dos nutrientes digestíveis totais, foi verificado somente efeito ($P < 0,05$) dos tipos de silagem ofertadas aos animais, cujos maiores valores foram observados nos naqueles alimentados com silagem de sorgo tratada com 5 g/kg de ureia (Tabela 4).

Houve interação ($P < 0,05$) entre os tipos de silagem e os períodos de exposição aeróbica para a digestibilidade dos carboidratos não-fibrosos (DCNF). Assim, para a

silagem controle (sem inclusão de ureia), os tempos de exposição aeróbica influenciaram de forma significativa a DCNF, de modo que as silagens no tempo de 0 horas diferiram estatisticamente das demais silagens nos tempos 24 e 48 horas. Com relação a silagem tratada com 5 g/kg de ureia, não foi verificado efeito entre os tempos analisados ($P>0,05$) sobre a digestibilidade (Tabela 4.1). Para a silagem controle, a menor digestibilidade de CNF foi visualizada no tempo de 24 horas e a maior no tempo de 48 horas. Por sua vez, na silagem com 5 g/kg de ureia, os menores valores também foram observados na silagem submetida a 24 horas de aerobiose e os maiores valores no tempo de 48 horas.

Tabela 4.1. Desdobramento das interações de digestibilidade aparente dos carboidratos não-fibrosos com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Variável	Ureia (g/kg de MN)	Tempo de exposição aeróbica			Média
		0 horas	24 horas	48 horas	
DCNF (%)	0	87,69 ^{Aa}	79,35 ^{Bb}	80,25 ^{Bb}	82,43
	5	86,74 ^{Aa}	86,41 ^{Aa}	88,51 ^{Aa}	87,22
Média		87,22	82,88	84,38	

Letras minúsculas e maiúsculas correspondem a linhas e colunas respectivamente.

Embora no tempo de 0 horas de exposição aeróbica não tenha sido observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de ureia usados na silagem de sorgo sobre a DCNF, comportamento oposto foi visualizado nos tempos de 24 e 48 horas. Portanto, silagens tratadas com 5 g/kg de ureia apresentaram maiores valores de digestibilidade de carboidratos não-fibrosos, em comparação às silagens sem a utilização do aditivo (Tabela 4.1).

De forma geral, os consumos de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp) em 24 horas (gramas/dia), assim como os tempos em alimentação, ruminação e ócio, expressos em minutos por dia, minutos por kg de MS e minutos por kg de FDNcp não foram influenciados ($P>0,05$) pelos tipos de silagem, pelos tempos de exposição aeróbica e nem pela interação entre os fatores analisados (Tabela 5).

Tabela 5. Consumos de matéria seca (CMS) e de fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (CFDNcp), número de períodos de ingestão, ruminação e ócio e duração média de cada evento em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Item	Ureia (g/kg de MN)		P	Tempo de exposição aeróbica			P	Interação P	EPM
	0	5		0 horas	24 horas	48 horas			
Consumo em 24 horas (gramas/dia)									

MS	811,29	851,04	0,4762	816,23	871,74	805,53	0,5426	0,9913	46,31
FDNcp	578,99	590,95	0,7791	633,51	568,45	552,95	0,2313	0,9399	54,86
Alimentação									
Min/dia	210,53	195,56	0,1259	204,65	195,07	209,40	0,4623	0,2106	7,48
Min/kg	264,53	231,68	0,1298	250,07	234,74	259,50	0,6167	0,6167	17,07
MS									
Min/kg	338,14	329,73	0,1040	334,43	361,55	373,33	0,5747	0,5118	16,57
FDNcp									
Ruminação									
Min/dia	506,50	539,17	0,2560	533,82	539,06	495,62	0,4030	0,6091	22,37
Min/kg	619,42	656,88	0,4925	657,98	631,47	625,00	0,8691	0,5051	42,86
MS									
Min/kg	893,01	955,13	0,4634	870,62	976,57	952,02	0,5717	0,7061	43,45
FDNcp									
Mastigação									
Nº/bolo	62,93	73,61	0,0039	69,36	66,17	69,27	0,6447	0,4251	2,91
Seg/bolo	44,18	47,43	0,0730	43,85	45,94	47,64	0,2069	0,3786	1,40
Nº/dia	41453	50085	0,0093	50333	44731	42242	0,1071	0,6206	2433
H/dia	12,04	12,10	0,9036	12,30	12,03	11,87	0,7860	0,2754	0,40
Min/kg	883,89	887,80	0,9546	907,66	865,85	884,04	0,8797	0,4976	54,12
MS									
Min/kg	1276,15	1284,20	0,9393	1204,72	1337,79	1298,01	0,5544	0,6781	54,57
FDNcp									
Ócio									
Min/dia	717,49	713,75	0,9034	701,53	717,92	727,41	0,7847	0,2758	24,31

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey ($P < 0,05$); EPM = erro padrão da média; Min = minutos; H = hora; Seg = segundos; Nº = número

Com relação às variáveis de mastigação, também não foi observado efeito ($P > 0,05$) das silagens e períodos de exposição aeróbica no tempo gasto em segundos por bolo (seg/bolo), horas por dia (H/dia), minutos por kg de MS e minutos por kg de FDNcp. Contudo, o número de mastigações por bolo (Nº/bolo) e o número de mastigações durante 24 horas (Nº/dia) foram influenciados ($P < 0,05$) pelos tipos de silagens avaliadas, de modo que em ambas as variáveis mencionadas foram observadas maiores valores quando os animais foram alimentados com a silagem tratada com 5 g/kg de ureia.

O número de períodos por dia nas atividades de ruminação e ócio, e os tempos despendidos por períodos (minutos) nas atividades de ruminação e ócio, assim como o consumo médio de FDNcp por período de alimentação em quilogramas não foram influenciados ($P > 0,05$) pelos tipos de silagens ofertadas e nem pelos tempos de exposição aeróbica (Tabela 6).

Houve interação (P<0,05) entre os tipos de silagem e os períodos de exposição

Tabela 6. Número e tempo médio despendido por período nas atividades de alimentação, ruminação e ócio, e consumos de matéria seca (MS) e fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteína (FDNcp) por período de alimentação em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Item	Ureia (%MN)		P	Tempo de exposição aeróbica			P	Interação P	EPM
	0	5		0	24	48			
	horas			horas					
Número de períodos (nº/dia)									
Alimentação	8,73	9,00	0,7376	11,43	8,72	6,43	0,0002	0,0030	0,6427
Ruminação	25,91	26,42	0,7479	25,81	24,00	28,68	0,0652	0,2636	1,2621
Ócio	32,52	32,92	0,8030	33,89	30,39	33,87	0,1336	0,3729	1,2587
Tempo gasto por período (minutos)									
Alimentação	25,99	23,77	0,2790	19,68	23,19	31,78	0,0003	0,0195	1,5989
Ruminação	20,03	21,21	0,4074	21,09	23,02	17,73	0,0178	0,2163	1,1175
Ócio	22,26	22,14	0,9364	21,15	23,88	21,57	0,2508	0,4286	1,1309
Consumo médio por período de Alimentação (kg)									
MS	0,10	0,11	0,5635	0,08	0,10	0,13	0,0154	0,0201	0,0099
FDNcp	0,073	0,071	0,8232	0,063	0,068	0,084	0,1431	0,0575	0,0116

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey (P<0,05). EPM = erro padrão da média

aeróbica para o número de períodos por dia (Nº de período (nº/dia), tempo gasto por período (minutos), consumo médio por período de alimentação MS (kg) (Tabela 6.1).

Tabela 6.1 Desdobramento das interações de Nº de período (nº/dia), tempo gasto por período (min), consumo médio por período de alimentação MS (kg) em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Item	Ureia (g/kg de MN)	Tempo de exposição aeróbica			EPM
		0 horas	24 horas	48 horas	
		Nº de período em alimentação (nº/dia)	0	9,11 ^{Aa}	
Média	5	13,75 ^{Ba}	8,00 ^{Ab}	5,25 ^{Ab}	9,00
Tempo gasto por período em alimentação (min)	0	11,43	8,71	6,44	26,00
Média	5	24,80 ^{Aa}	23,88 ^{Aa}	29,31 ^{Aa}	23,77
Consumo médio de MS por período de alimentação (kg)	0	14,56 ^{Bb}	22,50 ^{Ab}	34,25 ^{Aa}	0,100
Média	5	0,10 ^{Aa}	0,09 ^{Aa}	0,11 ^{Aa}	0,107
	5	0,06 ^{Bb}	0,11 ^{Aa}	0,15 ^{Aa}	

Média	0,08	0,10	0,13
-------	------	------	------

Não houve diferença ($P > 0,05$) no n° de período (n°/dia) quando os animais foram alimentados com silagem de sorgo controle submetidas a diferentes períodos de exposição aeróbica. Todavia, na silagem com inclusão de 5 g/kg de ureia esta variável diferiu estatisticamente ($P < 0,05$) sendo observado que animais alimentados com a silagem submetida ao tempo de 0 horas de aerobiose, apresentaram maior n°/dia, em comparação aqueles alimentados com as silagens expostas durante 24 e 48 horas, cujos valores, por sua vez, não diferiram entre si.

Apesar de não ter sido visualizado efeito ($P > 0,05$) dos tempos de 24 e 48 horas de aerobiose quando comparadas as silagens com 0 e 5 g/kg de ureia sobre o n° de período/dia, foram observadas maiores médias desta variável do comportamento ingestivo quando os animais foram alimentados com silagem de sorgo tratada com 5 g/kg de ureia quando submetida a 0 horas de aerobiose, que diferiram da silagem controle ($P < 0,05$). O tempo gasto por período (minutos) também sofreu interação ($P < 0,05$) entre os tipos de silagem e os períodos de exposição aeróbica. Assim, o fornecimento de silagem controle submetidas aos diferentes tempos de aerobiose aos cordeiros não exerceu influência ($P > 0,05$) sobre a variável analisada. Porém, o tempo gasto por período pelos animais quando alimentados com a silagem tratada com 5 g/kg de ureia foi superior no tempo de 0 horas diferindo de forma significativa ($P < 0,05$) dos tempos 24 e 48 horas, os quais não diferiram estatisticamente ($P > 0,05$) entre si.

Houve interação ($P < 0,05$) entre os tipos de silagem e os períodos de exposição aeróbica sobre o consumo médio de MS por período de alimentação expresso em quilograma. Sendo assim, a oferta de silagem controle submetida aos diferentes períodos de aerobiose, 0, 24 e 48 horas, não influenciou essa variável do comportamento ingestivo. Entretanto, o consumo médio de MS por período de alimentação apresentou diferença significativa ($P < 0,05$) quando os animais foram alimentados com silagem tratada com 5 g/kg de ureia para o tempo de 0 horas, em comparação aos animais nos tempos de 24 e 48 horas.

As variáveis do comportamento ingestivo relacionadas com as eficiências de alimentação e ruminação, expressos em gramas de MS e FDNcp por hora, gramas de MS e FDNcp por bolo não sofreram efeito significativo ($P < 0,05$) do tipo de silagem ofertada aos animais e nem dos tempos de aerobiose. Porém, houve influência ($P < 0,05$) dos tempos de exposição aeróbica sobre o número de bolos por dia (Tabela 7).

Tabela 7. Eficiência de alimentação e ruminação da matéria seca e fibra em detergente neutro corrigido para cinza e proteína, número mastigações por bolos ruminados, tempo médio em mastigações por bolo ingerido (segundos) e tempo de mastigação total em horas por dia em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Item	Ureia (g/kg de MN)		P	Tempo de exposição aeróbica			P	Interação P	EPM
	0	5		0	24	48			
	horas			horas	horas	horas			
Eficiência de alimentação									
g MS / h	236,23	261,50	0,2133	247,27	272,95	226,38	0,1720	0,4044	16,152
g FDNcp/h	165,17	193,65	0,0773	188,40	176,84	172,98	0,6862	0,8062	19,651
Eficiência de ruminação									
g MS/ h	100,51	95,23	0,5600	96,73	97,57	99,31	0,9715	0,6970	7,130
g FDNcp/h	71,14	62,28	0,1848	71,60	66,23	62,29	0,5200	0,9941	8,306
g MS/bolo	1,54	1,46	0,6850	1,52	1,45	1,53	0,9081	0,1309	0,139
g FDNcp/bolo	0,89	0,81	0,3416	0,87	0,85	0,84	0,9700	0,9243	0,102
Nºbolos/dia	672,08	686,58	0,6840	731,68 ^a	693,51 ^a	612,79 ^b	0,0328	0,2326	28,056

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey (P<0,05); EPM = erro padrão da média; MS = matéria seca; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigida para cinzas e proteínas;

3.4. Metabólitos sanguíneos

De forma geral, não foi verificado efeito significativo (P>0,05) dos tipos de silagem, e dos tempos de exposição aeróbica e interação sobre as concentrações séricas de creatinina, proteínas totais, albumina, globulina e relação albumina:globulina (A:G). Todavia, houve efeito dos tipos de silagem (P<0,05) sobre os teores de ureia plasmáticos, sendo observadas maiores médias nos animais alimentados com a silagem de sorgo amonizada com 5 g/kg de ureia (Tabela 8).

Tabela 8. Níveis séricos de metabólitos sanguíneos em cordeiros alimentados com silagens de sorgo tratadas com ureia submetidas a 0, 24 e 48 horas de exposição aeróbica

Item	Ureia (g/kg de MN)		P	Tempo de exposição aeróbica			P	Interação P	EPM
	0	5		0 horas	24 horas	48 horas			
	Ureia (mg/dL)	45,17		50,83	0,0426	50,51			
Creatinina (g/dL)	0,151	0,146	0,7840	0,151	0,148	0,146	0,9277	0,6408	0,016
PT (g/dL)	6,35	6,05	0,2407	6,20	5,91	6,50	0,1736	0,3129	0,229

Albumina (g/dL)	2,49	2,78	0,0708	2,61	2,54	2,75	0,5280	0,3935	0,142
Globulina (g/dL)	3,80	3,46	0,2467	3,87	3,37	3,66	0,3737	0,3408	0,266
A:G	0,674	0,813	0,0885	0,809	0,758	0,653	0,3081	0,5015	0,073
Col (mg/dL)	74,77	71,56	0,5754	77,97	71,65	69,87	0,4753	0,4652	5,286
Trig (mg/dL)	41,55	38,80	0,4296	40,27	41,82	38,43	0,6965	0,2445	3,421
AST (UI/L)	65,63	65,41	0,9756	63,31	65,44	67,81	0,8743	0,4118	6,561
ALT (UI/L)	43,36	42,73	0,2319	42,56 ^b	42,54 ^b	44,04 ^a	0,0343	0,2226	0,497
GGT (UI/L)	44,02	52,33	0,0017	45,25 ^b	47,67 ^b	51,61 ^a	0,1150	0,2255	2,342

Médias seguidas por letras minúsculas diferentes diferem estatisticamente segundo o teste de Tukey ($P < 0,05$); EPM = erro padrão da média; PT = Proteínas totais; A:G = relação albumina:globulina (A:G); AST = aspartato-aminotransferase; ALT = alanina-aminotransferase; GGT = gama-glutamiltransferase.

As concentrações séricas de colesterol, triglicerídeos e da enzima aspartato aminotransferase (AST) não diferiram ($P > 0,05$) devido aos tipos de silagem e os períodos de exposição aeróbica avaliados. Contudo, as atividades séricas da ALT e GGT sofreram influência do período de exposição e dos tipos de silagem, respectivamente (Tabela 8).

4.0. DISCUSSÃO

4.1. Consumo de nutrientes

Como ressaltado por Reis et al. (2008), a qualidade da silagem pode ser influenciada por fatores como estágio de desenvolvimento da cultura no momento do corte, pelos processos fermentativos, assim como devido à exposição ao oxigênio a que são submetidas. Ainda conforme os autores, durante a fermentação da silagem ocorrem modificações no valor nutritivo com decréscimo nos teores de carboidratos solúveis e de proteína verdadeira, incremento na concentração de ácidos orgânicos e nitrogênio não proteico. Assim, pode ocorrer redução no valor nutritivo e no consumo dos animais, como também na utilização de nutrientes provenientes das silagens. Conforme destacado por Weiss et al. (2003), a ingestão de silagens não é semelhante daquela da forragem original. Tal fato, segundo os autores, pode ser devido aos decréscimos na digestão da fração fibrosa, ocasionando na diminuição da taxa de passagem.

Segundo Charmley (2001) e concordando com o comportamento acima descrito, de forma geral, a ingestão das silagens é inferior ao consumo da forragem original que

não foi submetida ao processo de fermentação. O decréscimo no consumo dessas forragens conservadas segundo Van Soest (1994) pode estar associado a três hipóteses. Primeiramente, pode ser devido à presença de substâncias tóxicas, como aminas biogênicas produzidas durante a fermentação. Outra forma que a silagem pode interferir no consumo é decorrente do alto conteúdo de ácidos nas silagens extensivamente fermentadas, ocasionando decréscimo na aceitabilidade. Por fim, a diminuição no teor de carboidratos solúveis e, portanto na disponibilidade de energia para o crescimento de microrganismos ruminais. Além disto, foi relatado por Poppi et al. (1995) que há também incremento na fração solúveis de nitrogênio, com destaque o teor de amônia, que age interferindo nas relações de nitrogênio e matéria orgânica digestível de modo que haja otimização na síntese.

Diante do que foi acima mencionado, o uso da ureia neste estudo interferiu na na aceitabilidade das silagens, pois sem adaptação prévia foi verificado um grande nível de rejeição por parte dos animais alimentados com as silagens tratadas com ureia, em comparação aos animais alimentados com silagem controle.

Com relação ao efeito da exposição aeróbica, foi observado menores consumos quando os animais foram alimentados com silagens submetidas a 48 horas de aerobiose. A exposição ao oxigênio pode ter influenciado na qualidade da silagem e portanto na aceitabilidade destas.

Segundo constatado por Oliveira et al. (2001) houve redução no consumo das dietas com maiores níveis de NNP e isso foi devido aos efeitos metabólicos e sabor amargo da ureia. Embora não tenha sido verificado efeito da dieta no consumo de boa parte dos nutrientes, pode-se ainda inferir que de alguma forma de alguma forma ter influenciado no consumo dos animais pois o incremento de níveis de nitrogênio não proteico (NNP) das dietas, pode estar associada com a redução no consumo de MS provavelmente pelos efeitos metabólicos e/ou a palatabilidade da ureia que possui sabor amargo (MELO et al., 2003).

Os teores de FDNcp das dietas, os teores variaram de 32,49% na silagem de sorgo tratada com ureia submetida a 48 horas de exposição aeróbica a 37,30% na silagem controle (0 horas). Assim, é possível constatar que houve modificação na porção fibrosa das dietas, que poderiam refletir em efeitos significativos sobre os consumos dos animais. De forma similar, demais nutrientes das silagens também apresentaram diferenças entre as dietas avaliadas que justificam suas respectivas reduções no momento em que foram analisados os consumos pelos animais (Tabelas 1 e 2).

Sendo assim, foi possível constatar a influência dos fatores, silagem e exposição ao oxigênio, quando avaliados de forma separada, como também da interação deles sobre os consumos de EE (kg/dia) e FDNcp (% de PC) sobre a ingestão de todos os nutrientes pelos animais. Diante do resultado visto no consumo diário dos componentes nutricionais (Tabela 3) é possível concluir que houve uma semelhança entre os consumos nos animais alimentados com as silagens expostas nos tempos 0 e 24 horas, que diferiram de forma significativa daqueles animais em que foi ofertada a silagem com 48 horas de aerobiose. Dessa forma, como esperado, devido a uma possível modificação no valor nutritivo da silagem foram verificados menores consumos nestes animais em que foi fornecida silagem com maior tempo de aerobiose.

4.2. Digestibilidade das frações nutricionais:

Pahlow et al. (2003) mencionaram que a deterioração aeróbica da silagem está vinculada, sobretudo, ao desenvolvimento de leveduras, fungos e bactérias aeróbicas (bacilos). Assim, de forma geral, esse processo tem seu início devido às leveduras, que atuam por meio da oxidação de açúcares e ácido lático a gás carbônico e água. De acordo com Reis et al. (2013), além dos açúcares outros substratos são utilizados pelos microrganismos deterioradores como os ácidos e proteínas, resultando em incremento no pH, e decréscimo na digestibilidade e no conteúdo de energia.

Diferente do comportamento observado no consumo dos nutrientes, de forma geral, as digestibilidades foram influenciadas pelo tratamento da silagem de sorgo com ureia. Então, as digestibilidades das frações nutricionais, com exceção do DEE e DFDNcp, que não sofreram efeito dos fatores analisados, foram influenciadas não somente pelos tipos de silagem ofertadas, mas também dos tempos a que as silagens foram submetidas a exposição aeróbica (Tabela 4). Assim, analisando-se o fator silagem, maiores valores de digestibilidade de MS, MO e NDT foram visualizados quando houve tratamento da silagem de sorgo com 5 g/kg de ureia, em comparação à silagem sem uso do aditivo. Por outro lado, quando avaliado o efeito de até 48 horas de exposição da silagem ao oxigênio foi observada redução nas digestibilidades dos nutrientes anteriormente mencionados, que pode ter ocorrido por causa do consumo das frações mais digestíveis, pois como observado na composição das dietas, houve diminuição nestas frações à medida que as silagens foram expostas ao ar (Tabelas 1 e 2).

Verificou-se redução na digestibilidade da proteína bruta (DPB), apresentou devido tipo de silagem e aos tempos de aerobiose (0, 24 e 48 horas). Este resultado

possivelmente aconteceu porque houve incremento da formação de compostos de Maillard tanto nos tipos de silagem, como também nos diferentes tipos de exposição. Portanto, isso corrobora com o que foi mencionado por Muck et al. (2003), pois a redução na DPB é comumente observada em silagens que apresentam temperaturas elevadas, fazendo com que haja aumentos consideráveis nos teores dos compostos nitrogenados indigestíveis (NIDA), que como exposto por (Van Soest, 1994) não é disponível para os microrganismos ruminais resultando em diminuição nos teores de proteína solúvel.

A ausência de efeito dos níveis de ureia e períodos de exposição aeróbica sobre a digestibilidade da FDNcp não era um resultado previsto pelo fato de já ser conhecido o efeito desse aditivo na fração fibrosa de volumosos amonizados. Segundo Reis et al. (2002), o uso de agentes hidrolíticos no tratamento químico de forragens, como amônia anidra, hidróxido de amônia e a ureia como fonte de amônia é capaz de ocasionar alterações na fração fibrosa da parede celular. Ainda conforme os autores, esse efeito é devido ao aumento da digestibilidade ocasionada pela solubilização de parte da hemicelulose e à expansão da celulose. Assim, há uma redução no conteúdo de FDN, pois as ligações de hidrogênio são quebradas e há aumento na hidratação da fibra, facilitando consequentemente o acesso dos microrganismos nas fibras. Contudo, como destacado por Paiva et al. (1995) e Fadel et al. (2003) o efeito da ureia nos volumosos, eficiência da utilização da ureia na ensilagem depende de fatores como a dose aplicada e o período de armazenamento do alimento fazendo com que nem sempre sejam verificados efeitos satisfatórios do seu uso em forragens amonizadas.

Apesar de ter ocorrido interação no consumo de extrato etéreo dos animais, a digestibilidade dessa fração não seguiu o mesmo comportamento. Desse modo, da mesma forma que os demais nutrientes, na digestibilidade do EE seria esperado que assim como o consumo fossem verificados menores valores nas silagens com 48 horas em comparação à silagem que não passou por exposição ao oxigênio, devido ao consumo pelo oxigênio das frações mais digestíveis da silagem. Pelo fato de todos os animais terem sido alimentados com uma relação volumoso concentrado (50:50) e não terem sido incluídas nas dietas ingredientes contendo níveis diferentes densidades energética, não seria previsto que houvessem alterações no consumo desta fração, e por sua vez, na digestibilidade.

Com relação aos nutrientes digestíveis totais, somente foi observado efeito da silagem, em que maiores valores foram visualizados quando houve inclusão do aditivo. Todavia, assim como nas demais, a exposição ao oxigênio também deveria ter exercido

efeito significativo sobre esta variável. Ainda assim, das frações contabilizadas para estimar o NDT que apresentaram efeito significativo, somente a PB sofreu efeito apenas da silagem, pois na DCNF foi verificada interação dos fatores analisados, e as DEE e DFDNcp, por sua vez, não foram afetadas pelas dietas experimentais. Talvez, o efeito observado no NDT possa ser atribuído ao efeito da ureia na porção fibrosa, melhorando a disponibilidade das frações mais solúveis do da forragem conservada.

Como mencionado anteriormente e ratificado por Woolford (1984) e Rotz e Muck (1994) durante o período de ensilagem, em função do corte da forragem ocorre liberação de enzimas por causa da ruptura das células. Assim, as enzimas microbianas presentes na planta realizam a hidrólise de proteínas resultando na produção de peptídeos e aminoácidos livres, bem como conversão de carboidratos complexos até açúcares simples. Possivelmente, o aumento nos conteúdos de NNP devido ao uso da ureia e as mudanças nos conteúdos de FDN das dietas permitiram os acréscimos nas digestibilidades das frações nas silagens tratadas. Assim, A solubilização de parte da hemicelulose, possivelmente, aumentou a disponibilidade de substratos fermentescíveis, proporcionando condições adequadas para o maior desenvolvimento microbiano, o que resultou e forma geral, em maior digestibilidade da forragem tratada.

Os resultados obtidos neste estudo corroboram com o que foi afirmado por Schlatter e Smith (1999), de que modificações na concentração de nutrientes afetam de forma negativa a digestibilidade do alimento. De forma similar, também ratificam o que foi ressaltado por Reis et al. (2008) ao mencionarem que o valor alimentício das silagens é primeiramente definido pela digestibilidade dos nutrientes, e esta por sua vez, sofre efeito direto do padrão de fermentação e dos processos de deterioração observados durante a fase aeróbica.

Os resultados obtidos neste estudo, no que diz respeito ao efeito do tipo de silagem e os tempos de aerobiose pode estar associadas com o efeito do aditivo. Isso está de acordo com o que foi descrito por Kung Jr. et al. (2003), ao mencionarem que este aditivo pelo fato de ser hidrolisado pela ação da urease, promove a liberação de amônia (NH₃). Dessa forma, isso diminui a velocidade de abaixamento do pH e favorece o prolongamento do tempo de fermentação o que ocasiona maior utilização dos substratos fermentescíveis do material ensilado, afetando a qualidade final da silagem.

4.3. Comportamento ingestivo:

Embora tenha ocorrido variação na composição bromatológica das silagens e dietas experimentais quando submetidas à tratamento com ureia e aos diferentes períodos de exposição aeróbica (Tabelas 1 e 2), essas diferenças não foram suficientes para promoverem efeito significativo nos consumos de MS e FDNcp (gramas/dia) pelos animais. De acordo com Launchbaugh et al. (1996), animais ruminantes aprendem a associar as consequências pós-ingestivas de um alimento com as propriedades sensoriais do que foi ingerido. Consequentemente, através das preferências ou aversões que fazem as seleções dos alimentos a serem consumidos.

De acordo com Weiss et al. (2003), diversas relações estatísticas têm sido estabelecidas relacionando o consumo das silagens e suas características químicas, como a concentração de um produto ou de vários produtos finais da fermentação. Dentre os fatores que têm sido pesquisados, os autores ressaltaram a importância do teor de umidade, pH da silagem, concentração de ácidos orgânicos, concentração de etanol, bem como a presença de compostos nitrogenados. Associando a informação mencionada com o presente estudo, silagens de sorgo tratadas com ureia ao serem expostas ao oxigênio apresentaram modificações no valor nutritivo que interferiram no consumo dos nutrientes, e, possivelmente, no comportamento ingestivo dos animais. Isso pode ter ocorrido tanto pelo uso da ureia, como também pelos outros fatores previamente mencionados, como perfil de ácidos orgânicos, presenças de substâncias que inibem consumo, ou até mesmo o odor exalado pelas silagens tanto sob efeito da ureia ou devido à exposição ao oxigênio, fazendo com que interferisse na seletividade dos animais.

Diante do exposto anteriormente, analisando o fator silagem, as modificações observadas nos teores de MS e FDNcp poderiam ter modificado os consumos entre os animais quando alimentados com silagem controle e naqueles em que foi ofertada a silagem de sorgo tratada com 5 g/kg de ureia. Portanto, o efeito da ureia sobre a fração fibrosa da parede celular poderia fazer com que os animais despendessem menores tempos em ruminação devido à maior digestibilidade da fibra, e ação bacteriana. Assim, caso não houvesse rejeição da silagem devido ao cheiro de amônia exalado, nos animais alimentados com a silagem 5 g/kg(0 horas) seria esperado maiores consumos de MS e menores de FDNcp. De forma oposta, cordeiros alimentados com silagem de sorgo controle, submetida a 48 horas de aerobiose possivelmente poderiam apresentar mais tempo em ruminação, necessitando gastar uma maior período do dia em mastigando e ruminando, diminuindo assim a frequência de visita ao cocho.

Além disso, a exposição das silagens aos diferentes tempos de aerobiose também poderiam ter ocasionado efeito sobre as variáveis do comportamento ingestivo associadas com os teores de MS e FDN, já que é previsto o consumo de frações mais digestíveis da silagem ao longo do período em que o material permanece exposto ao oxigênio. Desse modo, como foi verificado neste estudo, há comprometimento do valor nutritivo fazendo com que os animais tenham que mudar seu comportamento de modo a atender às suas exigências fisiológicas.

Associado a essas alterações no comportamento ingestivo, seriam previstos também menores tempos gastos com mastigações totais por bolo ruminado e ao longo de 24 horas. Conseqüentemente, a natureza da dieta poderia ter interferido diretamente no consumo dos animais. Os resultados observados no consumo e digestibilidade discutidos anteriormente neste estudo apresentaram comportamentos opostos, haja vista que o houve efeito no consumo de FDN_{cp}, porém o mesmo não foi observado na digestibilidade desta fração, apesar de ter ocorrido interação na digestibilidade dos carboidratos-não fibrosos.

Embora não tenha sido observado neste estudo redução das eficiências de ingestão e ruminação, segundo o NRC (1987) estas variáveis refletem os efeitos das dietas avaliadas no que diz respeito à degradação das frações fibrosas. Pelo fato da digestão da fibra afetar diretamente a digestão de outros nutrientes, esta fração limita as taxas de desaparecimento no trato digestivo, isso pode causar maior retenção da ingesta e, portanto, redução de consumo. Possivelmente no presente estudo, tanto a ureia ao ser utilizada como aditivo na silagem de sorgo, como também os tempos de exposição aeróbica a que essas silagens foram submetidas previamente ao fornecimento para os animais poderiam ter exercido um efeito mais expressivo sobre essas eficiências. Desse modo, animais alimentados com silagens tratadas com ureia despenderiam menos tempo em ruminação do que aqueles alimentados com a silagem controle devido ao efeito benéfico do aditivo sobre a porção fibrosa. Além disso, o efeito da aerobiose pelo fato ter influenciado a o valor nutritivo da silagem também de alguma forma poderia ter modificado o consumo dos animais, já que normalmente as frações mais digestíveis são consumidas com o aumento dos tempos de exposição, interferindo assim de alguma forma também na digestibilidade das silagens, e conseqüentemente, na taxa de passagem e esvaziamento do rúmen.

Diante do exposto, pelo fato de estarem relacionadas entre si, outras variáveis avaliadas no comportamento ingestivo podem ser influenciadas pelas modificações que acontecem na qualidade da silagem. Assim, alterações nos tempos em que as animais

despenderiam com mastigação total, assim como o número de mastigações meréricas, bem como os tempos em alimentação e ócio também poderiam ser influenciados. De certa forma, foi constatado o efeito não somente da ureia nas silagens, como também da aerobiose sobre determinadas variáveis, assim como a interação destes fatores no consumo dos animais, visto que foram verificadas interações significativas quando foram analisadas variáveis associadas com a alimentação dos animais, a exemplo do número de períodos em que os animais permaneceram em alimentação, o tempo gasto por período em alimentação, expresso em minutos, e o consumo médio de MS por período de alimentação (kg). Desse modo, haveria uma maior taxa de passagem do volumoso, com um menor tempo de retenção

4.5. Metabólitos sanguíneos:

Dentre os metabólitos sanguíneos relacionadas com o perfil proteico, somente as concentrações séricas de ureia sofreram efeito das silagens ofertadas, não sendo observado impacto dos tempos de aerobiose nesta variável. Assim, animais alimentados com silagens tratadas com 5 g/kg de ureia apresentaram maiores valores de ureia em comparação àqueles alimentados com a silagem controle (sem aditivo), 45,17 e 50,83 mg/dL, respectivamente. Mesmo não tendo ocorrido efeito dos tempos de aerobiose sobre esta variável, todos os animais apresentaram valores médios superiores aos níveis de normalidade descritos por Kaneko et al. (1997) para espécie ovina, que variam de 17,12 a 42,18 mg/dL. Desse modo, é possível sugerir isso pode ter sido reflexo não somente do topo de volumoso utilizado como também da inclusão do aditivo como fonte de nitrogênio não-proteico.

A fração proteína verdadeira da silagem, segundo Van Soest (1994) pode representar de 60 a 80% do nitrogênio da forragem, e o total remanescente corresponde ao nitrogênio não proteico e indisponível. Pelo fato das concentrações de ureia sanguínea apresentarem associação direta com o aporte proteico, as dietas podem ter ocasionado um fornecimento de PB superior às necessidades, ou um relação energia / proteína inadequada, ocasionando em aumentos na amônia no rúmen constatada pelo incremento nos níveis de ureia sanguínea.

Os teores plasmáticos de creatinina verificados neste estudo foram inferiores aos valores preconizados para a espécie ovina (Kaneko et al., 1997), que variam de 1,2 a 1,9 g/dL. Assim como o comportamento observado nos cordeiros alimentados com silagem tratada com até 20 g/kg de ureia (Capítulo 2, Tabela 10), os diferentes tempos de aerobiose

associados com o tratamento da silagem com 5 g/kg de ureia podem também não ter influenciado nesta variável. Assim, os cordeiros podem ainda estar estágio de desenvolvimento que possibilitaria mobilização de tecido muscular, justificando este resultado.

As concentrações séricas das proteínas totais dos cordeiros não foram afetadas pelas diferentes dietas, estando os valores de dentro dos níveis de normalidade para a espécie ovina como proposto por Kaneko et al. (1997), que variam de 6,0 a 7,9 (g/dL).

Levando-se em consideração que não houve alterações nas concentrações de albumina nos animais alimentados com os diferentes tipos de silagens, é possível inferir que não estavam em estado de deficiência nutricional, pois sabe-se que a albumina é indicativo do atendimento da exigência de proteína para manutenção na alimentação de ruminantes (KANEKO et al., 1997; BEZERRA et al., 2008). Com relação aos níveis de globulina, é relatada a pouca influência exercida pela dieta nestes compostos que, por sua vez comumente está associada ao status imunológico do animal (marcador de estresse fisiológico ou infecções crônicas) e à ocorrência de distúrbios hepáticos, como hepatites agudas ou crônicas (MULLEN, 1976). Neste estudo, foram verificados valores de albumina e globulina dentro dos níveis de normalidade para a espécie ovina, que variam respectivamente de 2,4 a 3,0 (g/dL) e de 3,4 a 4,7 (g/dL) segundo proposto por Kaneko et al. (1997).

Como não foi observado efeito das dietas sobre as concentrações séricas de albumina e de globulina também não foi seria esperado verificado efeito significativo sobre a relação albumina:globulina. Desse modo, os valores verificados também estavam dentro dos valores propostos por Kaneko et al. (1997) e que variam normalmente entre 0,6 e 1,3.

Através da análise visual realizada diariamente antes do fornecimento aos animais, foi possível observar que mesmo em pequenas proporções, os diferentes tempos de exposição inclusive nas silagens tratadas com níveis de 5 g/kg de ureia possibilitaram fosse constatado sinais de início de deterioração demonstrado pelo crescimento de bolores. Logo, o uso da ureia não foi suficiente para promover total inibição dos microrganismos, pois até mesmo nessas silagens mesmo em menores proporções também houve crescimento possivelmente de fungos filamentosos e leveduras. Desse modo, foi realizado o descarte da silagem que encontrava-se inadequada para o consumo de modo a evitar possíveis contaminações dos animais com toxinas produzidas.

As atividades séricas de enzimas hepáticas AST estavam dentro dos níveis de normalidade propostos para a espécie ovina, que variam de 60 a 280 UI/L (Kaneko et al. (1997). Contudo, ainda conforme os autores, as atividades de ALT que deveriam estar entre 26 a 34 UI/L foram superiores ao estipulado, sendo possível sugerir que as dietas ocasionaram em algum dano ao tecido. Como descrito por Kaneko et al. (2008), comumente estas enzimas apresentam atividades aumentadas quando há comprometimento da integridade da membrana dos hepatócitos. Por outro lado, apesar de ter sido influenciado pelos tempos de exposição da silagem ao oxigênio, os valores observados para as atividades séricas de GGT, que é uma enzima associada com lesão nos túbulos biliares encontram-se dentro dos níveis de normalidade para a espécie ovina, de 20 a 52 UI/L Kaneko et al. (1997).

Esse resultado pode ser justificado Apesar disso, diante dos valores verificados constata-se que esses danos não foram elevados o suficiente para promoverem efeitos deletérios expressivo no fígado dos animais, uma vez que, de forma geral os teores de encontraram-se dentro dos níveis de normalidade para a espécie ovina segundo descrito por Kaneko et al. (1997).

No presente estudo, os valores de colesterol e triglicerídeos não foram afetados pelos tipos de silagem e pelos tempos de aerobiose. Esse resultado pode ser explicado pela pouca variação no teor de lipídeos nas dietas. Portanto, supõe-se que a similaridade na concentração de lipídeos dietéticos nas silagens com uso de aditivo submetidas aos diferentes tempos de aerobiose acarretou igual disponibilidade de ácidos graxos absorvidos, que podem ter sido convertidos em acetato para a síntese de colesterol (LEHNINGER et al., 2006). Como enfatizado, também não seria previsto aumento nas concentrações sanguíneas destes compostos devido a aerobiose da silagem, pois não foi verificado incremento expressivo dos níveis de lipídeos nas dietas avaliadas.

Diante dos valores médios obtidos, as concentrações séricas destes metabólitos utilizados, encontram-se dentro dos valores de referência preconizados por Kaneko et al. (1997) que estabelece faixa de normalidade para ovinos entre 49 – 76 mg/dL e 17,7 a 54,7 mg/dL respectivamente.

5.0. CONCLUSÕES

O fornecimento de sorgo com até 5 g/kg de submetidas a períodos de exposição

aeróbica de até 48 horas apesar de melhorar a digestibilidade dos nutrientes, não modifica o consumo dos animais e não influencia de forma expressiva o comportamento ingestivo e perfil metabólico dos animais.

Desse modo, diante da falta de resultados relevantes do uso da ureia na ensilagem do sorgo, não é recomendada a sua utilização de até 5 g/kg de ureia na dieta de ovinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHBELL, G., WEINBERG, Z.G., ENN, Y.; FILYA, I. The effects of temperature on the aerobic stability of wheat and corn silages. **Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology**, v.28, p.261–263, 2002.

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTS – AOAC. Official methods of analysis. 12.ed. Washington, (1990). 1094p.

BEZERRA, L. R.; FERREIRA, A. F.; CAMBOIM, E. K. A.; JUSTINIANO, S. V., MACHADO, P. C. R., GOMES, B. B. Profile hematological of goat clinical healthy servants in Cariri paraibano. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, p.950-960, 2008.

BURGER, P.J., PEREIRA, J.C., QUEIROZ, A.C., SILVA, J.F.C., VALADARES FILHO, S.C., CECON, P.R., CASALI, A.D.P., 2000. Ingestive behavior in Holstein calves fed diets with different concentrate levels. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p.236–242, 2000.

CHARMLEY, E. Towards improve silage quality: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v.81, p.157–168, 2001.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocere, 1979. 380p.

DANIEL J.L.P., AMARAL R.C., GOULART R.S., ZOPOLLATTO M., SANTOS V.P., TOLEDO FILHO S.G., CABEZAS-GARCIA E.H., LIMA J.R., SANTOS M.C. AND NUSSIO L.G.Short-term effects of silage volatile compounds on feed intake and digestion in beef cattle. **Journal of Animal Science**,v. 91, p.2321–2331,2013.

DETMANN, E.; SOUZA, M.A.; VALADARES FILHO, S.C.; QUEIROZ, A.C.; BERCHIELLI, T.T.; SALIBA, E.O.S., CABRAL, L.S.; PINA, D.S.; LADEIRA, M.M.; AZEVEDO, J.A.G. 2012. **Métodos para análises de alimentos** – INCT – Ciência Animal. UFV, p. 214.

DRIEHUIS, F.; VAN WIKSELAAR, P.G.V. The occurrence and prevention of ethanol fermentation in high dry matter grass silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.80, p.711-718, 2000.

FADEL, R.; ROSA, B.; OLIVEIRA, I.P.; OLIVEIRA, J. D. S. Avaliação de diferentes proporções de água e de ureia sobre a composição bromatológica da palha de arroz. **Ciência Animal Brasileira**, v.4, n.2, p.101-107, 2003.

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. **Journal of applied microbiology**, v.101, n.6, p.1216-1223, 2006.

GERLACH, K.; ROB, F.; WEIB, K.; BUSCHER, W. SUDERKUM, K. H. Aerobic exposure of grass silages and its impact on dry matter intake and preference by goats. **Small Ruminant Research**, v.117, n.2, p.131-141, 2014.

HALL, M.B. Challenges with non-fiber carbohydrate methods. **Journal of Animal Science**. v.81, p. 3226–3232, 2003.

KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 6. ed. San Diego: Academic Press. 2008. 904p.

KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. (eds.) **Clinical biochemistry of domestic animals**. 5th ed. New York: Academic Press, 1997.

KUNG JÚNIOR, L.; TAYLOR, C.C.; LYNCH, M.P.; NEYLON, J.M. The effect of treating alfalfa with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic

stability, and nutritive value for lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, n.1, p.336–343, 2003.

KUNG, L. Managing the aerobic stability of silages. **Forage Conservation**, 2014.

LAUNCHBAUGH, K.L.; Biochemical Aspects of Grazing Behaviour. In: Hodgson, J., Illius, A.W. eds. **The Ecology and Management of Grazing Systems**. Wallingford: CABI Publishing, 1996. p.159-184.

LEHNIGER, A.L.; DAVID, L.N.; MICHAEL, M.C. **Princípios de bioquímica**. 4.ed. São Paulo: Savier, 2006. p.807-820.

LICITRA, G.; HERNANDEZ, T. M. VAN SOEST, P.J. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.57, n.4, p.347-358, 1996.

MCDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. (1991) Microorganisms. In **The Biochemistry of Silage** ed. McDonald, P., Henderson, A.R. and Heron, S.J.E. Chapter 4, 2nd edn, pp. 81–151.

MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; VÉRAS, A.S.C. et al. Substituição parcial do farelo de soja por ureia e palma forrageira em dietas para vacas em lactação. Digestibilidade. *Acta Scientiarum*. **Animal Sciences**, v.25, n.2, p.339-345, 2003.

MERTENS, D. R. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.80, p.1463-1481, 1997.

MUCK, R. E.; MOSER, L. E.; PITT, R. E. Postharvest factors affecting ensiling. **Agronomy**, v.42, p. 251-304, 2003.

MULLEN, P. A. The diagnosis of liver dysfunction in farm animals and horses. **Veterinary Record**, v.99, n.17, p.330-334, 1976.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Predicting feed intake of food-producing animals. Washington, D.C.: National Academy Press, 1987. 96p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. 1.ed. Washington, D.C.: National Academy Press, 2007. 384p.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M.R.; FARIA, M.V.; UENO, R.K.; REINERH, L.L.; DURMAN, T. Chemicals additive used in silages. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 3, n. 2, p. 187-208, 2011.

OLIVEIRA, J. S.; SANTOS, E. M.; SANTOS, A. P. M.. Intake and Digestibility of Silages. In: **Advances in Silage Production and Utilization**. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/advances-in-silage-production-and-utilization/intake-and-digestibility-of-silages>.

PAHLOW, G.; MUCK, R.E.; DRIEHUIS, F. et al. Microbiology of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.) **Silage science and technology**. Madison: American Society of Agronomy, 2003. p.31-94.

PAIVA, J.A.J.; GARCIA, R.; QUEIROZ, REGAZZI, A. Efeitos dos níveis de amônia anidra e períodos de amonização sobre teores de compostos nitrogenados e retenção de nitrogênio na palhada de milho (*Zea mays*, L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.24, n.5, p.672-682, 1995.

PALMQUIST, D. L.; JENKINS, T. C. Fat in lactation rations: Review. **Journal of Dairy Science**, v.63, n.1, p.1–14, 1986.

- REIS, R., ROSA, B., MOREIRA, A., OBEID, J., PEREIRA, O., FONSECA, D., NASCIMENTO J. R. D. Tratamento químico de volumosos: amonização. **Simpósio sobre manejo estratégico da pastagem**, v.1, 2002.
- REIS, R.A.; SIQUEIRA, G.R.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. 2008. Fatores que afetam o consumo de forragens conservadas. In: C.C. Jobim, U. Cecato e M.W. do Canto (Eds.). **Produção e utilização de forragens conservadas**. Masson, Maringá, PR. pp. 9-40.
- ROTZ, C.A.; MUCK, R.E. Changes in forage quality during harvest and storage. In: **National Conference on Forage Quality, Evaluation, and Utilization Held**, University of Nebraska, Lincoln, p.828-868, 1994.
- SANTOS, A. P. M. Silagens de sorgo BRS Ponta Negra aditivadas com ureia. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2014. 57 f.
- SAS Institute. Base SAS® 9.0 procedures guide. Cary, NC: SAS Institute, Inc., 2002.
- SCHLATTER, L.K., SMITH, K. 1999. Effects of mold grow on nutrient availability in animal feeds. In: Four-State Applied Nutrition and Management Conference. Iowa State University-Extension, University of Illinois Extension, University Minnesota-Extension, University of Wisconsin-Extension. p. 139-144.
- SIQUEIRA, G. R. Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros. In: **Aditivos associados à ensilagem**. Jaboticabal, 714p, 2013.
- SNIFFEN, C.J.; O'CONNOR, J.D.; VAN SOEST, P.J.; FOX, D.G.; RUSSEL, J.B.. 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.
- TEIXEIRA, A.M.; RIBEIRO JUNIOR, G. D. O.; VELASCO, F. O.; FARIA JÚNIOR, W. G., RODRIGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J. A. S.; McALLISTER, T.; GONÇALVES, L. C. Intake and digestibility of sorghum (*Sorghum bicolor*, L. Moench) silages with different tannin contents in sheep¹. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, n.1, p.14-19, 2014.
- VAN SOEST, P.J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. ed., New York: Cornell University Press, 476p. Weiss, W.P., Chamberlain, D.G., Hunt, C.W. Feeding silages. In: Silage Science and Technology. Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (ed.). **American Society of Agronomy**, Crop Science Society of America, Soil Science of America. Madison, Wisconsin. 469-504. 2003.
- VAN SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. **Ithaca: Cornell University Press**. 2. ed. 1994. 476p.
- VAN SOEST, P.J., ROBERTSON, J.B., LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H.. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. IV. Determinations of plant cell-wall constituents. **Journal of Association of Analytical Chemistry**, v.50, p.50-55, 1967.
- WEISS, W.P. **Energy prediction equations for ruminant feeds**. In: Cornell nutrition conference for feed manufacturers, 61., 1999, **Proceedings...** Ithaca: Cornell University, 1999. p.176-185.

WEISS, W.P.; CHAMBERLAIN, D.G.; HUNT, C.W.; Feeding silages. In: Silage Science and Technology. Buxton, D.R., Muck, R.E., Harrison, J.H. (ed.). **American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science of America.** Madison, Wisconsin. 469-504. 2003.

WILKINSON, J.M.; DAVIES, D.R. (2013) The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. **Grass and Forage Science**, v. 68, p.1–19.

WOOLFORD, M.K. A review: the detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v.68, p.101-116, 1990.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation.** New York: Marcel Dekker, 1984. 350p.

CONSIDERAÇÕES FINAIS E IMPLICAÇÕES

A ureia, é um aditivo químico nutriente e inibidor de processo fermentativo comumente utilizada em silagens, com destaque a silagem de milho e sorgo. Com relação ao seu uso na silagem de sorgo é relevante destacar o seu efeito uma vez que algumas

variedades, principalmente do tipo forrageiro apesar de serem consideradas de alto valor nutritivo, apresentam elevados teores de substratos fermentecíveis. Dessa forma, essas substâncias induzem a fermentação bacteriana associada com elevada produção de ácido láctico promovendo a ocorrência de fungos, que são os principais microorganismos deterioradores da silagem. Portanto, ferramentas que visem minimizar as perdas da silagem vêm sendo estudadas ao longo dos anos, haja vista que o comprometimento da qualidade está associado com queda no desempenho produtivo dos animais.

Apesar de ser relatado na literatura científica os efeitos benéficos do uso do aditivo seja no valor nutritivo da silagem, com ação na digestibilidade da fibra e na estabilidade aeróbica os resultados ainda não são conclusivos. No presente estudo, a inclusão da ureia na silagem de sorgo nos níveis analisados não impediu que fossem observadas perdas fermentativas no material ensilado. A microbiologia da silagem analisada através da contagem de populações microbianas de bactérias ácido lácticas, mofos, leveduras e enterobactérias, comprova que a ureia exerceu efeito sobre o material. Contudo, apesar dos níveis de perdas e modificações na composição bromatológica da silagem, é possível concluir que os resultados verificados podem ser atribuídos a qualidade do sorgo utilizada neste trabalho no momento da ensilagem, o qual encontrava-se com características ideais para a produção de uma silagem sem a necessidade de utilização do aditivo.

Com relação aos resultados verificados no experimento a campo, em que foram ofertadas silagens de sorgo com até 20 g/kg de ureia na dieta de cordeiros, não foram observadas mudanças no consumo dos animais e na digestibilidade, de forma geral. Entretanto, a inclusão do aditivo promoveu perdas nos ganhos de peso dos animais, sem, contudo afetar a eficiência alimentar. Além disso, de forma geral não influencia o comportamento ingestivo dos animais, embora resulte em níveis aumentados de enzimas hepáticas e concentrações séricas de ureia. Sendo assim, a inclusão deste aditivo na silagem de sorgo e fornecimento na dieta de cordeiros, não promove resultados superiores em comparação a animais alimentados com silagem sem uso da ureia.

Através dos resultados obtidos neste estudo, foi possível constatar o efeito da exposição aeróbica na qualidade da silagem de sorgo, e conseqüentemente, no consumo de nutrientes dos animais, uma vez que foram observados menores consumos quando houve fornecimento de silagens submetidas a período de 48 horas de aerobiose. Apesar disso, não houve um efeito deletério da exposição na digestibilidade e no comportamento ingestivo dos animais. Todavia, as silagens ofertadas exerceram em metabólitos

sanguíneos, com destaque as concentrações de ureia e enzimas hepáticas, que podem indicar algum tipo impacto no fígado ocasionada pelas dietas fornecidas.

Neste contexto, é imprescindível que seja avaliado de forma criteriosa o fornecimento de silagem de sorgo tratadas com ureia submetidas a diferentes períodos de exposição ao oxigênio uma vez que ainda são observados resultados com inconsistência sendo necessário a condução de outros estudos para melhor avaliar seu efeito. Sendo assim, é fundamental que seja analisado qual o melhor nível de inclusão deste aditivo na silagem de modo que não venha a comprometer o desempenho produtivo dos animais, a aceitabilidade e teores plasmáticos de metabólitos sanguíneos.