



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE SAÚDE E TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

ÉRITON ERIBERTO MARTINS DANTAS

**PALMA FORRAGEIRA COMO ADITIVO ASSOCIADA À
UREIA EM SILAGEM DE GRÃO DE MILHO**

PATOS - PB

2021

ÉRITON ERIBERTO MARTINS DANTAS

**PALMA FORRAGEIRA COMO ADITIVO ASSOCIADA À
UREIA EM SILAGEM DE GRÃO DE MILHO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal do Centro de Saúde e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Professor Dr. Leilson Rocha Bezerra.

PATOS - PB

2021



D192p Dantas, Ériton Eriberto Martins.

Palma forrageira como aditivo associada à ureia em silagem de grão de milho. / Ériton Eriberto Martins Dantas. - 2021.

55 f.

Orientador: Prof. Dr. Leilson rocha Bezerra
Dissertação de Mestrado; (Programa de Pós-graduação em Ciência Animal) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Saúde e Tecnologia Rural.

1. Silagem de grão de milho. 2. Palma forrageira como aditivo. 3. Ureia em silagem. 4. Hidratação da silagem - palma forrageira. 5. Silagem hidratada - palma e ureia. 6. Nitrogênio amoniacal - silagem. 7. Grãos de milho - armazenamento. 8. Dinâmica microbiana - silagem. 9. Anaerobiose. 10. Forragem. 11. Cactácea. 12. Ensilagem. I. Bezerra, Leilson Rocha. II. Título.

CDU: 636.085.52(043.3)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626



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

PROVA DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

**TÍTULO: “PALMA FORRAGEIRA COMO ADITIVO ASSOCIADA À UREIA
EM SILAGEM DE GRÃO DE MILHO”**

AUTOR: ÉRITON ERIBERTO MARTINS DANTAS

ORIENTADOR: Prof. Dr. LEILSON ROCHA BEZERRA

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. RICARDO LOIOLA EDVAN

JULGAMENTO

CONCEITO:

Prof. Dr. Leilson Rocha Bezerra

Presidente

Prof. Dr. Edson Mauro Santos

1º Examinador

Prof. Dr. José Morais Pereira Filho

2º Examinador

Patos – PB, 26 de março de 2021

Prof. Dr. José Fábio Paulino de Moura

Coordenador

DEDICATÓRIA

“Este trabalho é dedicado aos meus pais os maiores e melhores orientadores na vida.”

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pelo dom da vida, e pelo encorajamento no decorrer da jornada.

Aos meus pais, por tudo que fizeram e fazem por mim, pelo suporte, apoio e toda ajuda. A toda minha família, irmãos, tios, tias, avós, primos.

A minha namorada, Jefta Ruama de Oliveira Figueiredo, por todo carinho, afeto, ajuda e compreensão durante os dois anos de mestrado.

Ao meu orientador Professor Dr. Leilson Rocha Bezerra, pela confiança, atenção e paciência durante esse período.

Ao meu Co-orientador Professor Dr. Ricardo Loiola Edvan, pela ajuda e ensinamento durante toda a fase do experimento.

Ao professor Dr. André Leandro da Silva por toda ajuda e ensinamentos durante o período de análises.

Aos professores do programa de pós-graduação em Ciência Animal.

A todos os companheiros de pesquisa que me ajudaram em todas as etapas do experimento, diretamente e indiretamente, em especial, Jefta, Layse, Paulo César, Raí, Izac.

Aos alunos e companheiros de pesquisas da iniciação científica: Danilo, Ângelo, Giovana e Bruno.

A Dra. Sheila, por sempre estar disponível nas horas de tirar dúvidas e ajudar ao longo do experimento.

Ao Centro Vocacional Tecnológico (CVT) de Pombal e a Bruno por disponibilizar o laboratório para realização das análises de EE.

A todos os meus amigos, que apesar de longe, me incentivaram a nunca desistir.

A Universidade Federal de Campina Grande, por abrir as portas para realização do meu curso de mestrado.

A CAPES, por ajudar financeiramente para que este trabalho fosse realizado.

E a todas aquelas pessoas que de alguma forma contribuíram nesta trajetória.

MUITO OBRIGADO!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS E FIGURAS	7
LISTA DE ABREVIATURAS	9
RESUMO GERAL	11
ABSTRACT	11
INTRODUÇÃO GERAL	14
REFERENCIAS	14
CAPÍTULO 01	14
Uso da palma forrageira como aditivo hidratante associada à adição de ureia sobre a qualidade química-bromatológica, N-NH ₃ e aspecto microbiológico em silagem de grão de milho	14
RESUMO	14
ABSTRACT	19
INTRODUÇÃO	20
MATERIAL E MÉTODOS	15
Comissão de ética.....	15
Local.....	15
Delineamento e tratamentos (Experimento I)	14
Aquisição dos ingredientes da silagem	14
Determinação da composição química.....	14
Determinação de nitrogênio amoniacal (N-NH ₃).....	15
Avaliação de população microbiana	14
Análise estatística.....	14
RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
CONCLUSÃO	22
REFERENCIAS	23
CAPÍTULO 02	39
Efeitos da adição de palma forrageira como aditivo hidratante associada à ureia sobre as perdas, pH e estabilidade aeróbia em silagem de grão de milho.....	39
RESUMO	40
ABSTRACT	29
INTRODUÇÃO	42
MATERIAL E MÉTODOS	31
Comissão de ética.....	31
Local.....	31

Delineamentos e tratamentos (Experimento II)	32
Determinação de perdas por efluente, matéria seca e gases.....	32
Determinação de PH.....	33
Estabilidade aeróbia	33
Análise estatística.....	46
RESULTADOS E DICUSSÃO	46
CONCLUSÃO	41
REFERÊNCIAS	54

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Valores de pH de silagens de grão de milho hidratada com água e palma forrageira sem ureia, após abertura dos silos. Letras minúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação.49
- Figura 2. Valores de pH de silagem de grão de milho com ureia, após abertura do silo. Letras minúsculas diferentes representam significância $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.....49
- Figura 3. Temperatura superficial da silagem de grão de milho hidratada com palma forrageira, após abertura do silo. Letras minúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação da silagem de grão de milho.50
- Figura 4. Temperatura superficial da silagem de grão de milho sem e com adição de ureia, após abertura do silo. Letras maiúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.....50
- Figura 5. Temperatura interna da silagem de grão de milho hidratada com água e palma forrageira, após abertura do silo. Letras minúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação da silagem de grão de milho.51
- Figura 6. Temperatura interna da silagem de grão de milho sem e com adição de ureia, após abertura do silo. Letras maiúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.....52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição química do grão de milho para uso de silagem e mucilagem de palma forrageira utilizada com hidratante.	23
Tabela 2. Composição química de silagens de grão de milho hidratadas com água e palma forrageira, sem e com adição de ureia (1,5%), após 90 dias de ensilagem.	27
Tabela 3. Valores de N-NH ₃ (%) em silagens de grão de milho hidratadas com água e palma forrageira, sem e com adição de ureia (1,5%), após 90 dias de ensilagem.	29
Tabela 4. População microbiana em silagens de grão de milho hidratadas com água e palma forrageira, sem e com adição de ureia (1,5%), após abertura do silo.....	33
Tabela 5. Valores de perdas efluentes, gases e recuperação da matéria seca em silagens de grão de milho hidratadas com água e palma forrageira, sem e com adição de ureia (1,5%), após 90 dias de armazenamento.	47

LISTA DE ABREVIATURAS

% – percentual

AGVs – ácidos graxos voláteis

AOAC – associação de química analítica oficial

BAL – bactérias do ácido lático

cm – centímetro

CNF – carboidratos não fibrosos

CONCEA – conselho nacional de controle de experimentação animal

CS – carboidratos solúveis

CSA – carboidratos solúveis em água

CSTR – Centro de Saúde e Tecnologia Rural

Dr. – Doutor

EE – extrato etéreo

ENT – enterobactéria

FDA – fibra em detergente ácido

FDN – fibra em detergente neutro

g – grama

g/cm³ – gramas por centímetros cúbico

g dia-1 – grama por dia

h – hora

ha – hectare

Kg – quilograma

mg – miligrama

ml – mililitros

ML – mofo e levedura

mm – milímetros

MS – matéria seca

N – nitrogênio

N-NH₃ – nitrogênio amoniacal

N-NH₃/ %NT – nitrogênio amoniacal em relação ao percentual de nitrogênio total

NNP – nitrogênio não proteico

NT – nitrogênio total

°C – grau celsius

PI – Piauí

PB – proteína bruta

pH – potencial hidrogeniônico

PPGZ – Programa de Pós-graduação em Zootecnia

Prof. – Professor

PVC – policloreto de vinila

SGMH – silagem de grão de milho hidratado

SAS – statistical analysis system

t – tonelada

TNT – tecido não tecido

UFC – unidade formadora de colônia

UFCG – Universidade Federal de Campina Grande

MM – matéria mineral

HCL – Ácido clorídrico

($P < 0,01$) – significância inferior a 1%

($P < 0,05$) – significância inferior a 5%

PALMA FORRAGEIRA COMO ADITIVO ASSOCIADA À UREIA EM SILAGEM DE GRÃO DE MILHO

RESUMO GERAL

Objetivou-se avaliar os efeitos das diferentes proporções de palma forrageira como aditivo, associada à ureia sobre a composição química, nitrogênio amoniacal, dinâmica microbiana, perdas fermentativas, pH e estabilidade aeróbia em grãos de milho na forma de silagem ao longo de períodos de armazenamento. Foram realizados dois experimentos. Para o Experimento I, o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial ($2 \times 5 \times 4$), com três repetições, totalizando 90 silos experimentais, onde: (2) referente aos fatores de adição ou não de ureia, (1,5% MS) (5) proporções de palma forrageira (0%, 5%, 10%, 20% e 40%) e (4) aos períodos de abertura dos silos (0, 15, 45 e 90 dias). No Experimento II, o esquema fatorial foi (2×5), com quatro repetições, (2) referente aos fatores com e sem ureia, (5) cinco diferentes tipos de silagem. Então foram 10 tratamentos com 4 repetições, totalizando 40 silos experimentais tipo balde, adaptados com válvulas de Bunsen, consistindo das mesmas proporções de palma e ureia. O tratamento controle correspondeu à silagem adicionada de água (sem adição de palma e ureia). Observou-se que houve interação entre os fatores $H \times U$ ($p < 0,01$) para as variáveis matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB). A hidratação da silagem de grão milho com as diferentes proporções de palma forrageira influenciou ($p < 0,01$) a fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos não fibrosos (CNF). Para a inclusão da taxa fixa de ureia (1,5%) houve efeito para ($p < 0,05$) fibra em detergente neutro (FDN), FDA e CNF ($p < 0,01$). Houve interação ($p < 0,01$) entre os fatores ($H \times U$) para nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$). Houve efeito das doses crescentes de palma ($p < 0,05$) na população microbiana para os diferentes tempos de armazenamento. Para silagens com ureia houve efeito ($p < 0,05$) do aditivo sobre a dinâmica microbiana nos diferentes dias de abertura. Foi observada interação $H \times U$ ($P < 0,01$) para recuperação de matéria seca (RMS), apresentando maiores valores em silagens hidratadas de palma forrageira e menores valores para o uso da ureia. Houve interação $H \times U$ ($P < 0,01$) para variável potencial hidrogeniônico (pH), com aumento em silagens tratadas de 1,5% ureia e redução para hidratação desde os 15 dias de armazenamento. Silagens hidratadas com água quebraram a estabilidade aeróbia após 40 horas de exposição ($P < 0,05$), não havendo deterioração aeróbia em silagens tratadas com os aditivos.

Palavras-chave: anaerobiose, cactácea, forragem, ruminantes, produção

FORAGE PALM AS ADDITIVE ASSOCIATED WITH UREA IN CORN GRAIN SILAGE

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of different proportions of forage palm as an additive, associated with urea on chemical composition, ammonium nitrogen, microbial dynamics, fermentative losses, pH and aerobic stability in maize grains in the form of silage over storage periods. Two experiments were performed. For Experiment I, the design used was the one entirely casualized in a factorial arrangement (2 x 5 x 4), with three repetitions, totalling 90 experimental silos, where: (2) referring to the factors of urea addition or not, (1.5% MS) (5) forage palm proportions (0%, 5%, 10%, 20% and 40%) and (4) silo opening periods (0, 15, 45 and 90 days). In Experiment II, the factorial scheme was (2 x 5), with four repetitions, (2) referring to the factors with and without urea, (5) five different types of silage. Then there were 10 treatments with 4 repetitions, totalling 40 experimental silos type bucket, adapted with Bunsen valves, consisting of the same proportions of palm and urea. The control treatment corresponded to the added silage of water (without addition of palm and urea). There was interaction between the H x U ($P < 0.01$) factors for the variables dry matter (MS), mineral matter (MM) and crude protein (PB). The hydration of corn grain silage with the different forage palm proportions influenced ($P < 0.01$) the acid detergent fiber (FDA) and non-fibrous carbohydrates (CNF). For the inclusion of fixed urea rate (1.5%) there was an effect for ($P < 0.05$) fiber in neutral detergent (FDN), FDA and CNF ($P < 0.01$). There was interaction ($P < 0.01$) among the factors (H x U) for ammoniacal nitrogen (N-NH₃). There was an effect of increasing doses of palm ($P < 0.05$) in the microbial population for different storage times. For silages with urea there was effect ($P < 0.05$) of the additive on the microbial dynamics on the different opening days. Interaction H x U ($P < 0.01$) was observed for dry matter recovery (MSR), presenting higher values in forage palm hydrated silages and lower values for the use of urea. There was interaction H x U ($P < 0.01$) for hydrogen potential variable (pH), with an increase in treated silages of 1.5% urea and reduction for hydration since 15 days of storage. Hydrated silages with water broke aerobic stability after 40 hours of exposure ($P < 0.05$), with no aerobic deterioration in silages treated with additives.

Keywords: anaerobiosis, cactus, forage, ruminants, production

INTRODUÇÃO GERAL

A ensilagem é um método eficaz e comum de preservação da forragem, como também é uma das técnicas principais para garantir o aporte nutricional do rebanho durante todo ano. No período da estação chuvosa, há uma disponibilidade de forragem abundante, enquanto que na época de estiagem torna-se escasso, por conseguinte, a produção de silagem em regiões semiáridas foi estabelecida como uma forma sustentável de suplementar os ruminantes em períodos secos, tornando-se um método viável e que oferece alimentos de alta qualidade (SAHOO et al., 2016).

A cultura do milho tem uma grande importância alimentar, porém, nas regiões semiáridas a escassez hídrica reduz o potencial de sua produção sustentável (BANNAYAN et al., 2011; NILAHYANE et al., 2018). Este cereal é o ingrediente base e deve estar presente nas dietas de ruminantes com potencial leiteiro e de corte. A produtividade dos rebanhos depende da presença e fornecimento desse valioso concentrado, que deve ser encarado como uma importante fonte energética nas ofertas diárias e precisa ser considerado um suprimento necessário para o alcance de desejados resultados produtivos (PEREIRA et al., 2017), todavia, dependendo de sua textura, os grãos podem ter influência sobre o desempenho produtivo dos animais e na qualidade do ingrediente ensilado.

Como opção de melhora na qualidade nutricional da silagem do grão de milho, surge o processo de hidratação, que consiste no umedecimento do grão, objetivando alcançar o teor de umidade desejado para o processo de fermentação no silo, possibilitando condições adequadas de armazenamento. Este é um procedimento eficaz, pois reduz as perdas e deterioração do material em consequência da ação de pragas, mudanças de temperatura e umidade, redução de gastos com transporte e efeitos mínimos nas flutuações de preço do mercado (ARCARI et al., 2016).

Assim, adicionar palma forrageira ao grão, torna-se uma possibilidade viável para evitar perdas durante o processo e reduzir eventuais prejuízos ao produtor. O cacto é fonte de pesquisa em procedimentos biotecnológicos, como utilização de substrato no desenvolvimento de microrganismos, essas leveduras pode elevar o valor nutricional de alimentos após acréscimo de proteína microbiana, confirmando sua extrema polivalência (LINS et al., 2018). Contudo, opuntia também apresenta desvantagens desde o plantio até a colheita, pois carece de muita mão de obra, (ALMEIDA et al., 2011), além da necessidade de compensar os teores de proteína e fibra. A cultivar orelha de elefante (*opuntia stricta*) é um clone importado do México e África, sua aplicabilidade em regiões semiáridas se dá pela eficiência no uso da água e alta resistência a cochonilha do carmim (VASCONCELOS et al., 2009), e requer menos exigência a fertilidade do solo (INÁCIO et al., 2020). A presença de espinhos nessa variedade dificulta seu manejo, por

esta razão, é tratada como uma condição desfavorável na alimentação animal, embora os espinhos atuem na redução da temperatura do caule durante o dia, garantindo maior resistência da espécie vegetal a seca (CAVALCANTI et al., 2008).

A ureia é um aditivo estimulante e frequentemente é utilizada no processo de ensilagem, pois, pode melhorar o valor nutricional de alimentos com concentrações reduzidas de proteína, assim como também pode atuar efetivamente em silagens úmidas, assegurando o abastecimento de substrato para os microrganismos ao longo do processo de armazenamento, minimizando perdas fermentativas, bem como aumentar a estabilidade aeróbia da silagem de grão de milho (ZAMBOM et al., 2014).

Deste modo, a inclusão de aditivos à silagem de grão de milho pode melhorar a qualidade do material, além da elevação da digestão dos grãos, proveniente do processo de hidratação e da proteólise estimulada pela diversidade de atividades no silo, principalmente por proteases bacterianas que digerem a prolamina dos grãos (SILVA et al., 2018). Portanto, atribuir palma forrageira como aditivo hidratante ao grão de milho pode ser uma forma de alcançar maiores e rápidos efeitos positivos, quando comparados à hidratação dos grãos realizada com água, já que, silagens com adição de água apresenta rápida deterioração aeróbia (SOUSA et al., 2017). A mucilagem de palma forrageira pode favorecer o aumento da estabilidade aeróbia da silagem de grão de milho, pois esta possui teor de umidade elevado, ácidos orgânicos (ácido acético), que contém propriedades antifúngicas, além de carboidratos de estruturas complexas (SEPÚLVEDA et al., 2007) e variados percentuais de L-arabinose, D-galactose, L-ramnose e D-xilose.

Entretanto, a silagem de grão de milho apresenta inúmeros problemas, devido à falta de infraestrutura para armazenar os grãos, o que aumenta as perdas, e conseqüentemente, custos de produção. Uma alternativa para minimizar este problema, seria adotar o armazenamento em silos, para proporcionar melhorias nutricionais e estabilidade aeróbia das silagens (MOMBACH et al., 2018). Assim, tendo em vista a necessidade de produzir alimento de qualidade, diminuir os custos por parte dos produtores rurais e atender as exigências dos animais, a hidratação com a mucilagem de palma forrageira obtida após processo de extração, aliada a ureia comercial na silagem de grão de milho, pode ser uma estratégia viável, por se tratar de aditivos de baixo custo, fácil acesso e manuseio.

REFERENCIAS

- ALMEIDA, A. A. et al. Problemas fitossanitários causados pela cochonilha do carmim a palma forrageira no cariri ocidental paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.6, p.98–108, 2011.
- ARCARI, M. A. et al. Effect of substituting dry corn with rehydrated ensiled corn on dairy cow milk yield and nutrient digestibility. **Animal Feed Science and Technology**, v.221, p.167-173, 2016.
- BANNAYAN, M. et al. Association between climate indices, aridity index, and rainfed crop yield in northeast of Iran. **Field Crops Research**, v.118, p.105–114, 2011.
- CAVALCANTI, M. C. A. et al. Consumo e comportamento ingestivo de caprinos e ovinos alimentados com palma gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) e palma orelha-de-elefante (*Opuntia* sp.). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.30, p.173-179, 2008.
- IN´ACIO, J. G. et al. Nutritional and performance viability of cactus *Opuntia*-based diets with different concentrate levels for Girolando lactating dairy cows. Asian. Australas. **Journal Animal Science**, v.33, p.35–43, 2020.
- LINS, C. I. M. et al. Utilização de leveduras para a produção de biomassa em extrato de palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*). **Scientia Plena**, v.14, 2018.
- MOMBACH, M. A, et al. Rehydration of dry corn grain as an alternative for conservation purposes. **Australian Journal of Crop Science**, v.12, p.1472-1478, 2018.
- NILAHYANE, A. et al. Evaluation of silage corn yield gap: An approach for sustainable production in the semi-arid region of USA. **Sustainability**, v.10, p.2523, 2018.
- PEREIRA, K. A. et al. Aspectos Nutricionais e Confecção de Silagem de Grão Úmido de Milho para a Alimentação de Bovinos: revisão de literatura. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.14, p.4944-4953, 2017.
- SAHOO A. et al. Project Report, National Innovation on Climate Resilient Agriculture. Avikanagar. **ICAR-Central Sheep and Wool Research Institute**, p.1-26, 2016.
- SEPÚLVEDA E. et al. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. **Journal Arid Environ**, v.68, p.534-45, 2007.
- SILVA, N. C. et al. Fermentation and aerobic stability of rehydrated corn grain silage treated with different doses of *Lactobacillus buchneri* or a combination of *Lactobacillus plantarum* and *Pediococcus acidilactici*. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.4158-4167, 2018.

- SOUSA, B. M. et al. Comparação bromatológica de matéria seca entre silagem de milho grão reidratado com água e silagem de milho grão reidratado com subprodutos industriais: polpa cítrica úmida e cevada úmida. **Sinapse Múltipla**, v.6, p.345-348, 2017.
- VASCONCELOS, A. G. V. et al. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.827-831, 2009.
- ZAMBOM, M. T. et al. Características da silagem de resíduo úmido de fécula de mandioca adicionada de níveis de ureia. **Archives Zootecnia**, v.63, p.677-688, 2014.

CAPÍTULO 01

Uso da palma forrageira como aditivo associada à adição de ureia sobre a qualidade químico-bromatológica, N-NH₃ e aspecto microbiológico em silagem de grão de milho

USO DA PALMA FORRAGEIRA COMO ADITIVO ASSOCIADA À UREIA SOBRE A COMPOSIÇÃO QUÍMICA, N-NH₃ E ASPECTOMICROBIOLÓGICO DA SILAGEM DE GRÃO DE MILHO

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de diferentes proporções de palma forrageira como aditivo (H), adicionando ou não ureia (U) sobre a qualidade química, nitrogênio amoniacal e populações microbianas da silagem de grão de milho triturado. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado em um arranjo fatorial ($2 \times 5 \times 4$), com 3 repetições, totalizando 90 silos experimentais: (2) referente aos fatores com e sem ureia, (5) correspondente a cinco diferentes silagens e (4) aos períodos de abertura dos silos (0, 15, 45 e 90 dias). Os tratamentos consistiram de cinco diferentes proporções de palma (0%, 5%, 10%, 20% e 40%), adicionada ou não com ureia (1,5%), respectivamente. Houve interação entre os fatores H \times U ($p < 0,01$) para as variáveis matéria seca (MS), matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB). A hidratação de silagem de milho com as diferentes proporções de palma forrageira influenciou ($p < 0,01$) a fibra em detergente ácido (FDA) e carboidratos não fibrosos (CNF). Para a inclusão da taxa fixa de ureia (1,5%) houve efeito para ($p < 0,05$) fibra em detergente neutro (FDN), FDA e CNF ($p < 0,01$). Houve interação ($p < 0,01$) entre os fatores (H \times U) para nitrogênio amoniacal (N-NH₃), com concentrações reduzidas para hidratação e maiores concentrações para uso de 1,5% ureia. Houve efeito das doses crescentes de palma ($p < 0,05$) na população de microrganismos para os diferentes tempos de armazenamento. Para silagens com ureia houve influência ($p < 0,05$) do aditivo sobre a dinâmica microbiana nos diferentes dias de abertura. A adição de 10% de palma forrageira na hidratação da silagem de grão de milho triturado, promoveu concentrações adequadas de MS, aumento nas concentrações de MM e CNF, menores teores de nitrogênio amoniacal, maior população de BAL, tendo a adição de 20% demonstrando maior eficiência nos resultados. A inclusão de 1,5% de ureia também melhorou o valor nutricional das silagens, proporcionando maiores concentrações de MS, MM, PB e FDN, além de aumento de BAL aos 90 dias de armazenamento.

Palavras-chave: amido, amônia, composição química, nutrientes, *opuntia stricta*

USE OF FORAGE PALM AS A ADDITIVE ASSOCIATED TO UREA ON CHEMICAL COMPOSITION, N-NH₃ AND MICROBIOLOGICAL ASPECT IN CORN GRAIN SILAGE

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of the application of different proportions of forage palm as a additive (H), adding or not urea (U) on the chemical quality, ammoniacal nitrogen and microbial populations of millet grain silage. The design was adopted entirely randomized in a factorial arrangement (2 x 5 x 4), with 3 repetitions, totalling 90 experimental silos: (2) for factors with and without urea, (5) corresponding to five different silages and (4) to silo opening periods (0, 15, 45 and 90 days). The treatments consisted of five different palm proportions (0%, 5%, 10%, 20% and 40%), added or not with urea (1.5%), respectively. There was interaction between the H x U factors (P<0.01) for the variables dry matter (MS), mineral matter (MM) and crude protein (CP). The hydration of maize silage with the different proportions of forage palm influenced (P<0.01) the fiber in acid detergent (FDA) and non-fibrous carbohydrates (CNF). For the inclusion of fixed urea rate (1.5%) there was effect for (P<0.05) fiber in neutral detergent (FDN), FDA and CNF (P<0.01). There was interaction (P<0.01) between the factors (H x U) for ammoniacal nitrogen (N-NH₃) with reduced concentrations for hydration and higher concentrations for 1.5% urea use. There was an effect of increasing doses of palm (P<0.05) in the population of microorganisms for the different storage times. For silages with urea there was influence (P<0.05) of the additive on the microbial dynamics on the different opening days. The addition of 10% of forage palm in the hydration of shredded corn grain silage, promoted adequate concentrations of MS, increased concentrations of MM and CNF, lower levels of ammonium nitrogen, higher population of BAL, with the addition of 20% demonstrating greater efficiency in the results. The inclusion of 1.5% of urea also improved the nutritional value of silage, providing higher concentrations of MS, MM, PB and NDF, and increased BAL at 90 days of storage.

Keywords: ammonia, *opuntia stricta*, chemical composition, nutrients, starch.

INTRODUÇÃO

O grão de milho (*Zea mays* L.) é o principal alimento para a produção animal em todo o mundo. Seu uso é quase que indispensável em dietas fornecidas para os ruminantes, sendo sua principal fonte energética e responsável por manter seus altos índices produtivos. Entretanto, este ingrediente apresenta dificuldades de digestão, muitas vezes devido à composição do amido e sua relação física com a matriz proteica (MAJEE et al., 2008), comprometendo o desempenho produtivo dos animais e o lucro gerado por eles. A técnica de ensilagem de milho hidratado entra como uma possível alternativa de maximizar as características nutricionais deste alimento, e conseqüentemente, seu aproveitamento pelos animais, já que durante o processo, as subunidades da proteína zeína que reticulam os grânulos de amido sofrem proteólise (JUNGES et al., 2017).

O fornecimento de grãos na alimentação de ruminantes é essencial para alcançar desejados índices zootécnicos. Porém, é imprescindível que o amido presente no grão esteja mais disponível para a digestibilidade e aproveitamento do animal. Essa disponibilidade pode ser melhorada através de processamentos físico-químicos, nessa perspectiva destacando-se a ensilagem dos grãos úmidos de milho como uma tecnologia que pode ofertar resultados mais eficientes. A silagem de grão de milho hidratado (SGMH) pode ser usada estrategicamente em áreas, onde a produção de milho de alta umidade, não é favorável ou sua colheita é comprometida pelas condições climáticas ou falta de equipamento (FERRARETTO et al., 2015).

Uma das principais vantagens desta técnica é produzir alimento em qualquer época do ano, inclusive em períodos secos. Uma gama de líquidos pode ser usada nesse processo, como por exemplo, água e soro de leite ácido. O soro de leite apresenta grande potencial para melhorar fermentação de grãos de milho reidratados por conter vários nutrientes (REZENDE et al., 2014). Porém, se descartado em cursos de água como rios e lagos pode provocar sérios problemas ambientais (GHERI et al., 2003) além disso, seu uso em quantidades excessivas também pode contaminar o solo.

A palma forrageira também pode ser uma opção no processo de hidratação, esta se destaca como alternativa de contornar a escassez de alimentos em anos de seca, sobretudo, pela grande relevância na agropecuária e facilidade de utilização por ser uma cultura que apresenta multiplicidades de uso (CÂNDIDO FILHO et al., 2014). O conteúdo desta cactácea possui alta fração de carboidratos solúveis (CS) e baixo teor de MS, por isso, pressupõe-se que esta seja suscetível a proliferação de microrganismos indesejáveis, provocando a deterioração da massa ensilada. Por sua vez, a mucilagem desta cultivar possui substâncias contidas no interior de sua epiderme, a qual é constituída de glicoproteínas, ácidos orgânicos, açúcares e outros carboidratos, que possui capacidade de retenção de água e implica na baixa resistência da

cactácea a queda do pH, inibindo o desenvolvimento de leveduras (SANTOS., 2012), bem como a proliferação de clostrídios e enterobactérias (TOIT et al., 2018).

A ureia é comumente utilizada como aditivo e pode ser um contribuinte na ensilagem, além de ser uma fonte barata de nitrogênio não proteico (NNP) para ruminantes, quando adicionada à silagem, exerce a função de sequestrante de umidade e eleva o teor de proteína. A adição de ureia provoca tamponamento temporário da massa ensilada, elevando moderadamente os valores de pH e reduzindo levemente as concentrações de ácido lático em função da bactéria ácido láctica heterofermentativa durante o início da fermentação (NEUMANN et al., 2010) isso resultaria em aumento da estabilidade aeróbia da silagem de grão de milho. Além disso, as silagens armazenadas com nitrogênio não proteico podem apresentar altas concentrações de proteína, atendendo as necessidades dos ruminantes (FERREIRA et al., 2018).

Assim, hipotetizou-se que a mucilagem da palma forrageira que dispõe de elevado teor de umidade, glicoproteínas, ácidos orgânicos estimula o crescimento de bactérias ácido-láticas, associada à ureia, que exerce a função de contribuinte no aumento do teor de proteína, melhora a qualidade da silagem, tornando-as ideais como aditivos no momento da ensilagem em grãos de milho. Deste modo, objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de diferentes proporções de palma forrageira como aditivo hidratante, adicionando ou não ureia, sobre a qualidade físico-química, nitrogênio amoniacal e aspecto microbiológico da silagem de grão de milho triturado.

MATERIAL E MÉTODOS

Comissão de ética

Este experimento foi realizado em estrita concordância com as recomendações do Guia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). O protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Campina Grande, Estado da Paraíba, Brasil (Número de Permissão: 07/2019).

Local

O experimento foi desenvolvido na fazenda NUPEÁRIDO, pertencente a Universidade Federal de Campina Grande, CSTR/UFCG, no município de Patos – PB. O município se integra na região do Semiárido Paraibano.

Delineamento e tratamentos (Experimento I)

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em um arranjo fatorial (2 x 5 x 4), com 3 repetições, totalizando 90 silos experimentais tipos cano policloreto de vinila (PVC), onde: (2) referente aos fatores hidratação (sem ureia) e com ureia (1,5%), (5) correspondente a cinco diferentes silagens e (4) aos períodos de abertura dos silos (0, 15, 45 e 90 dias), já que no tempo 0 dias não tem silo. O tratamento controle corresponde a silagem hidratada com 250 mL/kg água. Os tratamentos consistiram de cinco diferentes proporções de palma adicionada ou não com ureia (1,5%), respectivamente, (0%, 5%, 10%, 20% e 40%) objetivando atingir >30% matéria seca (MS) em silagem de grão de milho.

Foram confeccionados mini silos de tubo PVC (0,10 m de diâmetro) com 0,50 m de comprimento. As silagens foram armazenadas com densidade média de 1,244 kg/m³. Foram analisados a composição química, nitrogênio amoniacal e quantificadas as populações microbianas das silagens. Para caracterização da silagem foi analisado o concentrado e a mucilagem *in natura* e o produto da silagem antes da ensilagem e 90 dias após a ensilagem. As análises foram realizadas nos Laboratórios de Microbiologia, na cidade de Bom Jesus-PI e no Laboratório de Nutrição Animal (LANA), no município de Patos, Paraíba.

Aquisição dos ingredientes da silagem

A palma forrageira da variedade Orelha de Elefante Mexicana (*opuntia stricta*) foi adquirida de uma propriedade, localizada no município de Patos-PB. Para realização do corte das raquetes foi utilizado um facão com lâmina de 40 cm.

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

Determinação da composição química

As amostras dos grãos de milho, mucilagem de palma forrageira *in natura* e das silagens foram acondicionadas em sacos plásticos e realizadas posteriores análises logo após o fechamento e aos 90 dias de abertura dos silos. As amostras foram colocadas em bandejas de papel alumínio, identificadas, pesadas e submetidas à pré-secagem em estufa de circulação forçada a 55°C por 72 horas e, posteriormente, moídas em moinho de facas tipo Willey com peneira com crivo de 1,0 mm. As análises laboratoriais foram realizadas em quintuplicata para determinar a composição química de acordo com a Association of Official Analytical Chemistry AOAC (2012) de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta e extrato etéreo.

A fibra em detergente neutro (FDN) e a fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas usando os métodos de Van Soest et al. (1991) com a modificação proposta por Senger et al. (2008) usando uma autoclave. A autoclave teve a temperatura ajustada para 110 °C durante 1 hora. O resíduo de FDN foi incinerado em estufa a 600 ° C por 4 h, e a correção de proteína foi determinada pela subtração da proteína insolúvel em detergente neutro. Os carboidratos não fibrosos (CNF) foram calculados de acordo com Weiss (1999), como: $CNF (\%) = 100 - (\%FDN_{cp} + \%PB + \%EE + \%cinzas)$. Os CNF de silagens com ureia foram calculados como proposto por Hall (2000): $CNF = 100 - [(\% PB - \% PB \text{ derivada da ureia} + \% \text{ de ureia}) + \% FDN_{cp} + \% EE + \% cinzas]$. A trituração dos grãos de milho e a extração da mucilagem da palma forrageira foram realizadas em uma forrageira, utilizada em trituração de cortes de forragens com peneira medindo 5 mm. Esses materiais foram analisados e suas características químicas estão expressas em g/kg na forma de tabela.

Tabela 1. Composição química do grão de milho para uso de silagem e mucilagem de palma forrageira utilizada com hidratante.

Composição química (g/kg de MS)	Ingredientes	
	Grão de milho	Mucilagem
Matéria seca	834	89,4
Proteína bruta	105	77,8
Fibra detergente neutro	150	311
Fibra detergente ácido	45,3	221
Matéria mineral	2,68	21,7
Extrato etéreo	46,9	57,9
Carboidratos não fibrosos	695	400

Determinação de nitrogênio amoniacal (N-NH₃)

Um total de 30g de silagem fresca foi pesado, adicionado de 270 mL de água deionizada e homogeneizado por quatro minutos em agitador magnético hotplat LED digital (MS-H280-Pro). Após esse processo, o extrato foi filtrado com gaze sobre um funil, coletado e armazenado em potes plásticos de polietileno identificados. Após obtenção do extrato da silagem, o mesmo passou por destilação com óxido de magnésio e cloreto de cálcio usando o método de Kjeldahl conforme AOAC (2012).

Avaliação das populações microbianas

Para especificação dos grupos microbianos, as amostras foram obtidas da homogeneização de todas as repetições de cada tratamento, sendo adicionados 90 mL de água destilada nas amostras e homogeneizadas em liquidificador industrial durante 1 minuto, para obter a diluição de 10^{-1} . Em seguida, diluições sucessivas foram realizadas, objetivando-se obter diluições variando de 10^{-1} a 10^{-9} sendo consideradas passíveis de contagem as placas com valores entre 30 e 300 unidades formadoras de colônia (UFC). O plaqueamento foi realizado em duplicata em placas de petri estéreis.

As populações microbianas foram quantificadas, utilizando-se meios de culturas seletivos para cada grupo microbiano listado a seguir: agar rocosa (Difco), para enumeração das bactérias lácticas (BAL) após incubação por 48 horas em estufa B.O.D., à 37°C ; Brilliant Green Agar (Difco), para enumeração de enterobactérias (ENT) após incubação por 24 horas em estufa B.O.D. à 35°C ; e Batata Dextrose Agar, foi acrescido 1 dag kg^{-1} de ácido tartárico a 1%, após a esterilização, para contagem de mofos e leveduras (M e L) após incubação por 3-7 dias à temperatura ambiente. As placas consideradas susceptíveis à contagem foram aquelas em que houve valores entre 30 e 300 UFC (unidade formadora de colônia) em uma placa de petri. Foram consideradas então as médias das placas da diluição selecionada. A diferenciação de leveduras foi dada pela estrutura física das colônias (GONZÁLEZ; RODRÍGUEZ, 2003).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância e posterior teste de Tukey, onde as médias foram comparadas ao nível de 5% de significância. O software utilizado foi o SISVAR versão 5.0, desenvolvido pela Universidade Federal de Lavras (FERREIRA, 2011).

Conforme equação abaixo, onde: u é a média geral, H_i é o efeito do tratamento hidratação, U_j é o efeito do tratamento ureia, $(HU)_{ij}$ é a interação entre a hidratação e ureia, E_{ijk} é o erro aleatório.

$$X_{ijk} = u + H_i + U_j + (HU)_{ij} + E_{ijk} \quad \left\{ \begin{array}{l} i = (0\%; 5\%; 10\%; 20\%; 40\%) \\ j = (1,5\%) \\ k = (1, 2, 3, 4, 5, r) \end{array} \right.$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação ($P < 0,01$) entre a hidratação com palma forrageira como aditivo hidratante (H) e a adição de ureia (U) na silagem para a composição química de silagens em matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB) (Tabela 2). A interação ($H \times U$)

entre os fatores revelou valores de MS inferiores para silagens hidratadas com palma forrageira sem adição de ureia em comparação a silagens com ureia (1,5%). A alta composição de água associada ao conteúdo de hidrocoloides (exsudatos gomosos) com função hidrofílica da mucilagem de palma forrageira envolveu a massa da silagem de grão de milho, umedecendo o material, bloqueando o escoamento de água, permitindo assim a redução de MS nos grãos de milho (GUSHA et al., 2014). Hoffman et al. (2011) relata que silagens de grãos de milho que apresentam teor de 650 g/kg de MS, teoricamente, propicia fermentação adequada. Quanto à ureia, o aumento nos teores de MS pode estar relacionado à alta efetividade deste aditivo em reduzir as perdas durante o período de fermentação com provado em outros estudos (DIAS et al., 2014; GOIS et al., 2019).

Em relação à MM, houve interação entre os fatores (H × U), com uma maior concentração de MM observado para 1,5% ureia (26,0 g/kg) e menores para hidratação 20% palma forrageira como aditivo hidratante (18,7 g/kg), comportamento semelhante foi observado para o uso de 1,5% ureia (702 g/kg) e água sem ureia (676 g/kg). Resultado semelhante foi obtido por (SAEED, 2008). Este aumento pode ser atribuído à formação de sais orgânicos durante a ensilagem (CATCHPOOL e HENZELL, 1971). Ryley. (1969) referiu à ligação parcial de amônia produzida a partir da degradação da ureia com ácidos orgânicos para formação de sais orgânicos durante a fermentação anaeróbia do material ensilado. Em relação a palma forrageira, Cordova-Torres et al. (2015) afirma que o cacto é detentor de alta concentração de macroelementos minerais, tais como: cálcio ($52,6 \pm 70,2$ g/kg), potássio ($4,4 \pm 19,0$ g/kg) e fósforo ($1,8 \pm 2,1$ g/kg de MS), porém, a hidratação com palma forrageira como aditivo úmido apresentou menores concentrações de MM em silagem de grão de milho, o argumento torna-se claro ao comparar com o fator ureia.

O teor de PB de silagens de grão de milho do fator 1,5% ureia foi maior em comparação a hidratação, onde o maior valor observado foi de (159 g/kg) e menor valor na proporção 5% de palma forrageira como aditivo úmido (95 g/kg). O aumento de PB está ligado à retenção de nitrogênio na massa ensilada, oriundo da ação ureolítica responsável pela modificação da ureia em amônia. Concordando com Silva et al. (2014) que admite que a ureia pode potencializar o valor nutricional do material ensilado, aumentando o conteúdo de PB. Isso pode beneficiar o crescimento de microrganismos ruminais pela promoção de maior síntese proteica, melhorar o

uso de fibras e aumentar a digestibilidade da forragem. De todo modo, a composição de proteína em silagem de grão de milho gerado com 1,5% do aditivo pode ser considerada satisfatória. O contrário ocorreu em silagens hidratadas com palma forrageira, onde se observaram menores valores, independentemente das proporções avaliadas, tal fato se deve ao baixo teor de PB na composição de variedades do cacto (BARROS et al., 2018).

A adição de palma forrageira como hidratante, em silagem de grão de milho influenciou ($<0,01$) as variáveis FDA e CNF, e não modificou a composição de EE e FDN. A concentração média de FDA em silagens hidratadas com 40% de palma forrageira como aditivo hidratante e com o tratamento controle (água como aditivo úmido) apresentaram maior valor (55,2 g/kg) em comparação a média de hidratação água 250 mL/kg com o uso ou não de ureia (28,7 g/kg). Em geral, a palma forrageira apresenta baixos teores de fibra em sua composição química independente do gênero, característica essa típica do cacto (MONTEIRO et al., 2018).

As silagens de grão de milho hidratadas com palma forrageira e adicionada de ureia apresentaram maiores médias para CNF, variando de 712 g/kg a 719 g/kg em comparação a média de hidratação água com e sem adição de ureia (682 g/kg). O grão de milho é detentor de alta concentração de CNF, aliada à inclusão de palma forrageira, a qual é considerada um alimento energético em decorrência do elevado teor de carboidratos não fibrosos (SILVA e SAMPAIO., 2015). A mucilagem utilizada na hidratação das silagens nesta pesquisa apresentou 400 g/kg de CNF, o que nos leva a compreender este acréscimo.

A adição de ureia modificou significativamente as concentrações de FDN, FDA, CNF ($P < 0,01$) em relação ao tratamento controle (adição de água sem ureia). As concentrações médias de FDN (138 g/kg) e FDA (45,4 g/kg) nos tratamentos com adição de ureia foram maiores que as concentrações nos tratamentos sem ureia (104 FDN e 38,3 g FDA/kg, respectivamente). Esta maior concentração de fibra nos tratamentos com ureia está relacionada à diminuição da hidrólise ácida, correspondente a altos níveis de pH conforme relata Cheeke (1994). Outra explicação para o ocorrido se deve a fermentação dos açúcares durante o período fermentativo, que teve influência direta na redução dos carboidratos não fibrosos. Verificou-se menor média geral de tratamentos com ureia (686 g/kg) quando comparada a concentração média sem ureia (731 g/kg). A redução na concentração de CNF é referente ao uso deste nutriente como substrato para produção de ácido lático, essa etapa se dá pelo processo fermentativo que acontece em ambiente de anaerobiose, conforme o período de ensilagem se estende (MUCK et al., 2010).

Tabela 2. Composição química de silagens de grão de milho hidratadas com água e palma forrageira, sem e com adição de ureia (1,5%), após 90 dias de ensilagem.

Uso da Ureia (U)	Aditivo de hidratação (H) da silagem					Média	EPM ¹	<i>P-valor</i>		
	Água	5% palma	10% palma	20% palma	40% palma			Hidratação (H)	Ureia (U)	H × U
Matéria seca (g/kg)										
Sem (0%)	676bB	819aA	796aA	657bB	554cA	713	5,9	<0,01	0,05	<0,01
Com (1,5%)	704cA	825aA	790bA	702cA	544dA	702				
Média	690	827	793	680	549					
Matéria Mineral (g/kg MS)										
Sem (0%)	18,2bA	22,1abA	23,9aA	18,7bB	26,1aA	21,8	0,8	<0,01	0,02	0,01
Com (1,5%)	19,4bA	23,2abA	22,4abA	26,0aA	27,1aA	23,6				
Média	18,8	22,6	23,1	22,3	26,6					
Proteína Bruta (g/kg MS)										
Sem (0%)	103aB	95aB	102aB	99aB	100aB	100	2,8	0,07	<0,01	<0,01
Com (1,5%)	137bcA	151abA	135cA	147abcA	159aA	146				
Média	119	129	118	123	129					
Extrato etéreo (g/kg MS)										
Sem (0%)	84,9	38,6	44,8	39,0	58,4	53,1	7,8	0,37	0,92	0,10
Com (1,5%)	50,9	60,0	59,0	56,1	36,5	52,4				
Média	67,9	49,3	51,9	47,5	47,3					
Fibra em detergente neutro (g/kg MS)										
Sem (0%)	104	114	104	100	98	104B	6,8	0,91	<0,01	0,93
Com (1,5%)	143	138	137	138	138	138A				
Média	123	126	121	119	118					
Fibra em detergente ácido (g/kg MS)										
Sem (0%)	23,1	23,4	43,4	50,9	50,5	38,3B	19,0	<0,01	<0,01	0,44
Com (1,5%)	34,4	24,9	50,4	58,0	59,9	45,4A				
Média	28,7c	24,1c	46,7b	54,4ab	55,2a					
Carboidrato não fibrosos (g/kg MS)										
Sem (0%)	702	745	735	750	725	731A	6,3	<0,01	<0,01	0,22
Com (1,5%)	661	683	696	689	699	686B				
Média	682b	712a	716a	719a	712a					

¹EPM: erro padrão médio. Letras minúsculas diferentes na linha representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação da silagem de grão de milho. Letras maiúsculas diferentes na coluna representam significância de $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.

Observou-se interação ($P < 0,01$) entre adição de palma forrageira como aditivo úmido e dose fixa de ureia (1,5%) na concentração de nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) acarretando em aumento na concentração de $N-NH_3$ nas silagens com inclusão de ureia (Tabela 3). O fator ureia apresentou acréscimo de $N-NH_3$ até os 90 dias de abertura, sendo observada reduzidas concentrações para o fator hidratação sem o uso da ureia. Estes resultados sugerem que a taxa de 1,5% de ureia foi um estímulo para maximizar a disponibilidade de nitrogênio na massa ensilada, em virtude da conversão da ureia em $N-NH_3$, ocasionado pela ureólise, atividade esta minimizada quando comparada a dinâmica de conversão em silagens hidratadas.

Não houve influência das diferentes proporções de palma forrageira como aditivo úmido na concentração de $N-NH_3$ em silagem de grão de milho com concentrações similares ao tratamento controle ($P > 0,05$). O nitrogênio amoniacal ($N-NH_3$) do tratamento com ureia (12,7%) foi bem maior ($P < 0,01$) em relação ao tratamento sem ureia (1,33%). A adição de ureia resultou em maior concentração de $N-NH_3$ na silagem, pois além de ser uma fonte de nitrogênio não proteico, atua na dinâmica fermentativa, mudando o pH da massa ensilada. Lopes e Evangelista (2010) relacionam este aumento à transformação da ureia em amônia, originada a partir da ação da urease sobre a ureia, inicialmente esta reação parece indesejável, porém, a presença de amônia pode ser vista como aspecto positivo no controle de leveduras, o que pode se refletir em perdas mínimas e favorecer a qualidade da silagem. Em contraste, Calixto Junior et al. (2017) observaram valores inferiores ao presente estudo em silagem de grão de milho de alta umidade adicionando o mesmo aditivo, ainda assim classificada por McDonald et al. (1991) como silagens preservadas ($< 10\%$).

Valores inferiores a 10% de $N-NH_3$ é indicativo de fermentação adequada, como considerado por Gois et al. (2019). Apenas as silagens com adição de palma forrageira de 20 e 40% adicionadas de ureias apresentaram valores acima de 10% de $N-NH_3$. As demais silagens os valores de $N-NH_3$ estiveram bem abaixo.

Tabela 3. Valores de N-NH₃ (%) em silagens de grão de milho hidratadas com água e palma forrageira, sem e com adição de ureia (1,5%), após 90 dias de ensilagem.

Adição de ureia (U)	Aditivo de hidratação (H) da silagem					Média	EPM ¹	<i>P</i> -valor		
	Água	5% palma	10% palma	20% palma	40% palma			Hidratação (H)	Ureia (U)	H × U
Sem (0%)	1,33aB	1,03aB	0,96aB	1,41aB	1,76aB	1,30	0,24	NS	<0,01	<0,01
Com (1,5%)	12,7aA	3,50dA	8,24cA	16,73aA	11,87aA	10,61				
Média	7,03	2,26	4,60	9,07	6,81					

¹EPM: erro padrão médio. Letras minúsculas diferentes na linha representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação da silagem de grão de milho. Letras maiúsculas diferentes na coluna representam significância de $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.

As silagens de grão de milho hidratadas com 20% de palma forrageira aos 15 dias e 10% e 20% aos 45 dias de abertura apresentaram contagem de bactérias do ácido láctico (BAL) significativamente inferiores ($P < 0,01$) aos demais tratamentos, contudo, aos 90 dias de ensilagem a média de BAL para silagens hidratadas com palma forrageira aumentou (Tabela 4). As BAL são os principais microrganismos que atuam na produção de ácidos orgânicos, e quando em maior quantidade controla o crescimento de microrganismos indesejáveis (SOUNDHARRAJAN et al., 2017). A redução de BAL verificada aos 15 dias de ensilagem pode estar relacionada ao tempo de armazenamento e consumo precoce de carboidratos, nesta fase inicial a atividade microbiana é principalmente realizada pela flora aeróbia epífita como enterobactérias, leveduras e moldes, promovendo disputa por nutrientes com as BAL, estes são fatores prejudiciais para subsequente fermentação de ácido láctico, que é o maior responsável pela preservação da silagem (DUNIÈRE et al., 2013). O período de 28 dias de ensilagem é o preconizado para a dominância de BAL e subsequente fermentação, conforme aponta (LI e NISHINO, 2013).

Aos 45 dias de ensilagem do grão de milho úmido, a população de BAL não foi suficiente ($6,10 \log \text{ UFC/g}$; $5,5 \log \text{ UFC/g}$) para promover uma fermentação espontânea durante esse período. Essa diminuição pode ter sido desencadeada por aspectos de fermentação dentro do silo como: temperatura, disponibilidade de açúcares, estado de anaerobiose e níveis de umidade, afetando a taxa de crescimento de BAL como afirma (BORREANI et al., 2018).

Embora a população de BAL tenha apresentado menores valores para essas proporções na fase inicial, às bactérias do ácido láctico aumentaram e foram maiores aos 90 dias de ensilagem, apresentando uma média de ($7,01 \log \text{ UFC/g}$). Esses valores concordam com os encontrados por Carvalho et al. (2016) em silagens de grão de milho hidratado, no qual o valor observado após 90 dias de ensilagem foi de $7,24 \log \text{ UFC/g}$. A similaridade dos resultados sugere que maiores proporções de palma forrageira na forma de mucilagem, com sua elevada concentração de carboidratos solúveis e tempo adequado de armazenamento, proporciona aumento na população de BAL, e conseqüentemente, melhor preservação do material pela maior produção de ácido láctico.

Aos 15 dias de ensilagem o tratamento com ureia resultou em aumento significativo ($P < 0,05$) para contagem de BAL ($6,58 \log \text{ UFC/g}$) em relação silagem sem ureia ($6,27 \log \text{ UFC/g}$), se mantendo estável até o período de 90 dias. O intuito de se utilizar ureia em silagens é relacionado à sua atuação inibidora sobre os microrganismos indesejáveis, favorecendo o aumento da população de bactérias do ácido láctico. No presente estudo, a utilização de ureia nas silagens elevou os níveis de pH, reprimindo o desenvolvimento de grupos de micróbios

indesejáveis, tais como leveduras e mofos, pela transformação da ureia em amônia, quando o aditivo em contato com o material é hidrolisado, com isso, permitiu maior estabelecimento de bactérias lácticas nas silagens, sugerindo uma maior produção de ácido láctico, cuja principal função é preservar o material ensilado.

A população de enterobactérias no dia 0 diminuiu significativamente ($P < 0,05$) para proporção de 10% palma (3,68 log UFC/g), não havendo modificações aos 15 dias de abertura, sendo observada novamente uma redução aos 45 dias de abertura para as proporções 10%, 20% e 40% de palma, apresentando uma média de (3,62 log UFC/g) e se manteve em estabilidade aos 90 dias de ensilagem. Essas proporções se mostraram eficientes na redução desses microrganismos, visto que, em grandes quantidades eles podem ser maléficos, muitos são produtores de toxinas, que diminuem a qualidade da silagem em termos sanitários, podendo comprometer a saúde do animal (KONONENKO & BURKIN, 2014). Este grupo de bactérias fermentam carboidratos solúveis em água em ácido acético, que é um ácido desejável devido sua ação antifúngica (BRITO et al., 2020). No entanto, algumas espécies de enterobactérias são capazes de degradar proteínas e podem ser indesejáveis durante o processo fermentativo, seu crescimento se dá quando as condições do ambiente estão favoráveis, ou seja, quando o pH está próximo da neutralidade (COLLINS, 2017), o que não ocorreu no atual trabalho quando a hidratação foi realizada com a mucilagem de palma forrageira, já que, a cactácea demonstrou eficácia em diminuir os valores de pH, permanecendo abaixo de 5,0.

As silagens de grão de milho hidratadas com 250 ml/kg de água e sem ureia (controle) apresentaram redução ($P < 0,01$) de enterobactérias apenas no período 0 (3,90 log UFC/g), permanecendo inalteráveis nos demais dias de armazenamento. Essa redução no tratamento controle se assemelha com os resultados encontrados por Frank et al. (2021) avaliando silagem de grão de milho reidratada com e sem uso de inoculante microbiando em diferentes tempos de armazenamento. Muck. (2010) explica que enterobactérias são os principais competidores das bactérias do ácido láctico pelos açúcares da cultura, e valores de pH abaixo de cinco geralmente são suficientes para a diminuição da população de enterobactérias a níveis indetectáveis em poucos dias. A ureia desempenhou ação inibidora no controle desses microrganismos, retratando em preservação do material após uma fermentação bem sucedida.

O número de mofos em silagens tratadas com palma forrageira como aditivo úmido reduziu proporcionalmente ao nível de inclusão de palma ($P < 0,01$) ao longo do tempo comparado com o tratamento controle. O desenvolvimento de mofos em silagens é ocasionado principalmente por deficiências de armazenamento, estes se oportunizam pela entrada de oxigênio no silo, onde sua ocorrência é mais propensa no topo e nas laterais (BORREANI &

TABACCO, 2010). O excesso de umidade também pode ser um fator determinante no crescimento desses microrganismos, por sua vez, o resultado observado no atual estudo demonstra a eficiência da mucilagem de palma forrageira em reduzir estes agentes nos diferentes dias de armazenamento, protagonizando eficácia no controle sobre estes indivíduos em virtude de seu aspecto geletificante, com fração hidrofílica, exibindo alta capacidade de retenção de água (SEPÚLVEDA et al., 2007).

A taxa fixa de 1,5% ureia demonstrou eficiência em reduzir ($P < 0,01$) a população de mofo em todos os períodos de abertura (15; 45; 90 dias), apresentando uma média de (4,86 log UFC/g) em comparação ao controle (5,41 log UFC/g). Neumann (2010) relata que após abertura do silo tende a ocorrer fermentações secundárias, porém o acréscimo de ureia em silagens proporciona aumento de pH e níveis adequados de ácido láctico, em decorrência do poder tampão da amônia sobre a fermentação, além de retardar desenvolvimento de mofo e outros microrganismos indesejáveis. Kung Jr. et al. (2003) relacionam o efeito inibitório do aditivo sobre a população desses microrganismos, com a transformação da ureia em amônia, que reage com a água, conseqüentemente formando hidróxido de amônio (NH_4OH), elevando assim o pH do material ensilado.

A adição de 10% de palma forrageira como aditivo úmido diminuiu de forma significativa ($P < 0,01$) a população de leveduras (5,51 log UFC/g) em comparação a silagem controle (5,76 log UFC/g) 90 dias após ensilagem. A redução nas populações de leveduras reflete um resultado positivo em silagens de grão de milho, pois se compreende que a elevada atividade desses microrganismos acarreta em um consumo excedente de açúcares solúveis e a redução da matéria seca (PEDROSO et al., 2005). Dessa forma, no presente estudo a dose de 10% palma forrageira como aditivo úmido demonstrou ação inibitória no desenvolvimento desses microrganismos ao final do experimento, pela conversão de carboidratos solúveis em água em ácidos orgânicos (ácido láctico e acético), promovendo rápida acidificação da massa ensilada, este resultado é refletido na maior recuperação de matéria seca para o mesmo tratamento. Não houve efeito significativo ($P > 0,05$) para leveduras com a inclusão ou não de ureia a 1,5% em silagem de grão de milho triturado.

Tabela 4. População microbiana em silagens de grão de milho hidratadas com água e palma forrageira, sem e com adição de ureia (1,5%), após abertura do silo.

Microrganismos	Aditivo hidratante (H) na silagem					Uso da Ureia (U)		EPM ¹	P-valor		
	Água	5% palma	10% palma	20% palma	40% palma	Sem (0%)	Com (1,5%)		H	U	H xU
Silagem com 0 dias											
BAL ²	6,26a	6,78a	6,06a	6,69 ^a	6,86a	6,79A	6,27A	0,30	0,28	0,06	0,21
Enterobactérias	4,13ab	4,26ab	3,68b	4,18ab	4,33a	3,90B	4,33A	0,13	0,03	<0,01	0,35
Mofos	4,68b	4,44b	5,08ab	4,82ab	5,89a	5,05A	4,91A	0,27	0,01	0,57	0,63
Leveduras	5,76b	6,76a	6,53a	7,08 ^a	6,90a	6,58A	6,63A	0,10	<0,01	0,73	0,15
Silagem com 15 dias											
BAL ²	6,76a	6,59a	6,53a	5,61b	6,62a	6,27B	6,58A	0,16	<0,01	0,04	0,08
Enterobactérias	4,17a	4,15a	3,55a	3,59 ^a	3,71a	3,81A	3,88A	0,15	0,35	0,66	0,65
Mofos	5,50a	4,39b	5,36a	4,57b	5,01ab	5,33A	4,61B	0,17	<0,01	<0,01	0,06
Leveduras	6,53a	6,29a	6,39a	6,67 ^a	6,77a	6,60A	6,46A	0,11	0,44	0,45	0,15
Silagem com 45 dias											
BAL ²	6,83a	6,90a	6,10b	5,59b	6,23ab	6,18A	6,47A	0,16	<0,01	0,06	0,09
Enterobactérias	4,11a	4,28a	3,54b	3,72b	3,62b	3,81A	3,89A	0,20	0,04	0,65	0,55
Mofos	6,11a	4,08b	5,02b	4,74b	4,69b	5,38A	4,47B	0,24	<0,01	<0,01	0,11
Leveduras	6,95a	6,54a	6,62a	6,35 ^a	6,80a	6,69A	6,61A	0,15	0,11	0,60	0,68
Silagem com 90 dias											
BAL ²	7,21a	6,55a	7,28a	7,01 ^a	7,21a	7,12A	6,98A	0,17	0,06	0,40	0,81
Enterobactérias	4,17a	4,38a	3,83a	3,85 ^a	4,02a	3,94A	4,16A	0,20	0,31	0,24	0,15
Mofos	5,29b	5,54b	5,55b	6,43 ^a	5,89ab	5,92A	5,52B	0,10	<0,01	<0,01	0,07
Leveduras	6,81a	6,32ab	5,51b	6,32ab	6,60a	6,38A	6,25A	0,21	<0,01	0,50	0,22

¹EPM: erro padrão médio. ²BAL: bactérias do ácido lático. Letras minúsculas diferentes na linha representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação da silagem de grão de milho. Letras maiúsculas diferentes na linha representam significância de $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.

CONCLUSÃO

O uso de palma forrageira como aditivo em silagem de grão de milho triturado, promoveu concentrações adequadas de MS, aumento nas concentrações de MM e CNF, menores teores de nitrogênio amoniacal, maior população de BAL, tendo a adição de 20% demonstrado maior eficiência nos resultados.

A inclusão de 1,5% de ureia também melhorou o valor nutricional das silagens, proporcionando maiores concentrações de MS, MM, PB e FDN, além de aumento de BAL após ensilagem.

REFERENCIAS

- AOAC, Official Methods of Analysis, 19th edition. **Association of Official Analytical Chemistry**: Washington, DC, USA, 2012.
- BARROS, L.J.A. et al. Replacement of Tifton hay by spineless cactus in Girolando post-weaned heifers diets. **Tropical Animal Health Production**, v.50, p.149–154, 2018.
- BORREANI, G., TABACCO, E. The relationship of silage temperature with the microbiological status of the face of corn silage bunkers. **Journal of Dairy Science**, v.93, p.2620-2629, 2010.
- BORREANI, G. et al. Silage review: factors affecting dry matter and quality losses in silages. **Journal of Dairy Science**, v.101, p.3952–3979, 2018.
- BRITO, G. S. M. S. et al. Mixed silages of cactus pear and gliricidia: chemical composition, fermentation characteristics, microbial population and aerobic stability. **Scientific Reports**, v.10, p.1-13, 2020.
- CALIXTO JUNIOR, M. et al. Nutritional additives in high moisture corn silage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.105-111, 2017.
- CÂNDIDO FILHO, A. et al. Base alimentar humana com o uso da palma forrageira. VI Simpósio de Reforma Agrária e Questões Rurais. **Instituto Agrônômico de Pernambuco**, 2014.
- CARVALHO, B. F. et al. Fermentation profile and identification of lactic acid bacteria and yeast from rehydrated corn grain silage. **Journal of Applied Microbiology**, v.122, p.589-600, 2016.
- CATCHPOOL, V. R. AND HENZELL, E. F. Silage and silage- making from tropical herbage species. **Herbage Abstracts**, v.41, p.213-221, 1971.
- CHEEKE, P. R. Applied Animal Nutrition: Feeds and Feeding. **Oregon State University**, p.186-194, 1994.
- COLLINS, M. et al. Forages: An introduction to Grassland Agriculture. **John Wileyand Sons**, v.1, p.332-333, 2017.
- CORDOVA-TORRES, A.V. et al. Nutritional composition, in vitro degradability and gas production of *Opuntia ficus indica* and four other wild cacti species. **Life Science Journal**, v.12, p.42-54, 2015.
- DIAS, A. M.; GOIS, G. C. Ureia e glicerina bruta como aditivos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária Zootecnia**, v.66, 2014.
- DUNIÈREA, L. et al. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. **Animal Feed Science and Technology**, v.182, p.1-5, 2013.

- FERRARETTO, L. F. et al. Influence of ensiling, exogenous protease addition, and bacterial inoculation on fermentation profile, nitrogen fractions, and ruminal in vitro starch digestibility in rehydrated and high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v.98, p.7318–7327, 2015.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e agrotecnologia*, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FERREIRA, D. J. et al. Fermentation and chemical composition of Marandu grass ensiled with dehydrated brewery residue. In *Grassland Science*, v.65, p.69-72, 2018.
- FRANK, R. et al. High-moisture corn grain silage inoculated with *Propionibacterium acidipropionici* and *Lactobacillus plantarum* in different storage times. **Research, Society and Development**, v.10, 2021.
- GHERI, E.O. et al. Resposta do capim-tanzânia à aplicação de soro ácido de leite. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.753–760, 2003.
- GOIS, G. C. et al. Nutritional and fermentative profile of forage sorghum irrigated with saline water. **Biological Rhythm Research**, v.50, p.1–12, 2019.
- GONZÁLEZ, G.; RODRÍGUES, 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, p.926-933, 2003.
- GUSHA, J. et al. Performance of goats fed on low quality veld hay supplemented with fresh spiny cactus (*Opuntia megacantha*) mixed with browse legumes hay in Zimbabwe. **Tropical Animal Health Production**, v.46, p.1257–1263, 2014.
- HALL, M. B. Neutral detergent-soluble carbohydrates: nutritional relevance and analysis, a laboratory manual. Gainesville: **University of Florida**, p.42, 2000.
- HOFFMAN, P. C. et al. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high- moisture corn. **Journal of dairy Science**, v.94, p.2465-2474, 2011.
- JUNGES, D. et al. Short communication: influence of various proteolytic sources during fermentation of reconstituted corn grain silages. **Journal Dairy Science**, v.100, p.9048-9051, 2017.
- KONONENKO, G. P AND BURKIN, A. A. Mycotoxin contaminations in commercially used haylage and silage. **Agricultural Biology**, v.1 p.116-122, 2014.
- KUNG JR, L. et al. Silage science and technology. Madison: **American Society of Agronomy**, p.251-304, 2003.
- LI, Y., NISHINO, N. Efeitos da fermentação da ensilagem e deterioração aeróbia na comunidade bacteriana em silagens de azevém, capim-da-índia e milho de safra inteira armazenadas

- com alto teor de umidade Asiático-Australasiano. **Journal Animal Science**, v.26, p.1304–1312, 2013.
- MAJEE, D. N. et al. Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm II. Ruminant and post-ruminant degradabilities. **Animal Feed Science and Technology**, v.142, p.259-274, 2008.
- MONTEIRO, C. C. F. et al. A new cactus variety for dairy cows in areas infested with *Dactylopius opuntiae*. **Animal Production Science**, v.59, p.479–485, 2018.
- MUCK, R.E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.183-191, 2010.
- NEUMANN, M. et al. Chemicals additive used in silages. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**. v.3, p.187-195, 2010.
- PEDROSO, A. F. Fermentation and epiphytic microflora dynamics in sugar cane silage. **Science. Agricultural**, v.62, p.427-432, 2005.
- RYLEY, J. W. Silage with urea. In: Urea as protein supplement. **Pergamon Press**, Oxford, 1969.
- SAEED, A. A. Effect of utilization of different levels of nitrogen and readily fermented energy sources on the quality and chemical composition of wheat straw silages. **Journal Babalon University**, v.16, p.179-189, 2008.
- SANTOS, T.N. Avaliação da biomassa de sorgo sacarino e palma forrageira para produção de etanol em Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, p.95, 2012.
- SENGER, C. C. et al. Evaluation of autoclave procedures for fibre analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.169-174, 2008.
- SEPÚLVEDA, E. et al. Extraction and characterization of mucilage in *Opuntia* spp. **Journal of Arid Environments**, v.68, p.534–545, 2007.
- SILVA, G. W. V. et al. Degradabilidade in situ das silagens de variedades de cana-de-açúcar com aditivos. **Archivos de Zootecnia**, v.63, p.171-182, 2014.
- SILVA, R. R., SAMPAIO, E. V. S. S. Palmas forrageiras *Opuntia fícus-indica* e *Nopalea cochonellífera*: Sistemas de produção e usos. **Revisão Científica**, v.2, p.131-141, 2015.
- SOUNDHARRAJAN, I. et al. Application of customised bacterial inoculants for grass haylage production and its effectiveness on nutrient composition and fermentation quality of haylage. **3 Biotech**, v.7, p.321, 2017.

- TOIT, A. D. et al. Cultivar and harvest month influence the nutrient content of *Opuntia Spp.* cactus pear cladode mucilage extracts. **Molecules**, v.23, p.1–12, 2018.
- VAN SOEST, P. J. et al. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WEISS, W.P. Energy prediction equations for ruminant feeds. In: CORNELL NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS. Proceedings... Ithaca: **Cornell University**, v.61, p.176-185, 1999.

CAPÍTULO 02

Efeitos da adição de palma forrageira como aditivo associada à ureia na silagem de grão de milho sobre as perdas, pH e estabilidade aeróbia

**EFEITOS DA ADIÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA COMO ADITIVO
ASSOCIADA À UREIA NA SILAGEM DE GRÃO DE MILHO
SOBRE AS PERDAS, PH E ESTABILIDADE AERÓBIA**

RESUMO

Objetivou-se avaliar os efeitos da aplicação de diferentes proporções de palma forrageira como aditivo (H), associado à adição de ureia (U) sobre as perdas, pH e estabilidade aeróbia da silagem de grão de milho. Os tratamentos consistiram de cinco diferentes proporções de palma forrageira (0%, 5%, 10%, 20% e 40%), adicionadas de 1,5% de ureia ou não em silagem de grão de milho. O tratamento controle corresponde à silagem hidratada com água (sem adição de palma e ureia). Os baldes com as silagens foram pesados no período 0 e 90 dias para determinação das perdas fermentativas. Nos dias 0, 15, 45 e 90 de ensilagem os silos de policloreto de vinila (PVC) foram abertos, retiradas amostras da silagem para avaliação de pH e temperatura para caracterizar a estabilidade aeróbia apenas aos 90 dias de ensilagem. Foi observada interação H × U ($P < 0,01$) para recuperação de matéria seca (RMS), apresentando maiores valores em silagens hidratadas de palma forrageira e menores valores para o uso da ureia. Houve interação H × U ($P < 0,01$) para variável potencial hidrogeniônico (pH), com aumento em silagens tratadas de 1,5% ureia e redução para hidratação desde os 15 dias de armazenamento. Silagens hidratadas com água quebraram a estabilidade aeróbia após 40 horas de exposição aeróbia ($P < 0,05$). A adição de palma forrageira como aditivo propiciou reduzidas perdas por efluentes, gases, e conseqüentemente, maior RMS, menores valores de pH e aumento da estabilidade aeróbia. O nível de 20% e 40% de palma forrageira apresentou os melhores resultados para uma fermentação rápida e bem sucedida em silagem de grão de milho. A inclusão da dose fixa de 1,5% de ureia melhorou a RMS aos 90 dias de ensilagem e aumento da estabilidade aeróbia após 5 dias de avaliação em silagem de grão de milho triturado.

Palavras-Chave: aditivos, deterioração aeróbia, dosagem, fermentação, ensilagem

**EFFECTS OF THE ADDITION OF FORAGE PALM AS AN ADDITIVE
ASSOCIATED WITH UREA IN THE SILAGE OF CORN GRAIN
ON LOSSES, PH AND AEROBIC STABILITY**

ABSTRACT

The objective was to evaluate the effects of the application of different proportions of forage palm with additive (H), associated with the addition of urea (U) on the losses, pH and aerobic stability of corn grain silage. The treatments consisted of five different forage palm proportions (0%, 5%, 10%, 20% and 40%), plus 1.5% urea or non-corn grain silage. The control treatment corresponds to hydrated silage with water (no addition of palm and urea). The buckets with the silage were weighed in the period 0 and 90 days to determine the fermentative losses. On days 0, 15, 45 and 90 of silage the polyvinyl chloride (PVC) silos were opened, samples of silage were taken for pH and temperature evaluation to characterize aerobic stability only at 90 days of silage. Interaction H x U ($P < 0.01$) was observed for dry matter recovery (RMS), presenting higher values in forage palm hydrated silages and lower values for the use of urea. There was interaction H x U ($P < 0.01$) for hydrogen potential variable (pH), with an increase in treated silages of 1.5% urea and reduction for hydration since 15 days of storage. Hydrated silages with water broke aerobic stability after 40 hours of aerobic exposure ($P < 0.05$). The addition of forage palm as an additive led to reduced losses by effluents, gases, and consequently, higher RMS, lower pH values and increased aerobic stability. The level of 20% and 40% of forage palm presented the best results for a fast and successful fermentation in corn grain silage. The inclusion of a fixed dose of 1.5% of urea improved the DMR at 90 days of silage and increased aerobic stability after 5 days of evaluation in crushed corn grain silage.

Keywords: additives, aerobic deterioration, dosage, fermentation, silage

INTRODUÇÃO

As regiões semiáridas são caracterizadas por possuírem clima específico e temperaturas elevadas, com precipitação anual em torno de 800 mm e irregular distribuição de chuvas. Essas condições dificultam a produção de forragem durante os períodos de estiagem, fazendo-se necessário a busca por alternativas para implantação de métodos, que são tolerantes a altas temperaturas e baixos regimes chuvosos, com capacidade de preservação e adaptabilidade, driblando assim as adversidades atribuídas a região de clima tropical (COSTA et al., 2015). A utilização do milho em grão na alimentação animal é relevante, por se tratar de um ingrediente com qualidade notória e disponibilidade nutritiva satisfatória. Apesar do milho em grão ser uma ótima fonte energética em dietas, o produtor acaba ficando extremamente dependente de concentrados comerciais durante a escassez de forragem no período seco (MIRANDA-ROMERO et al., 2018). Uma opção para solucionar esta dependência e até mesmo a deficiência de armazenamento nessas regiões, é o processo de ensilagem de grãos de milho hidratados, com a finalidade de o material atingir teor de umidade adequado (MOMBACH et al., 2018) e para neutralizar os resultados indesejáveis de fermentação natural, a inclusão de outros aditivos pode reduzir as perdas de matéria seca (GÓMEZ-VÁZQUEZ et al., 2011).

Para melhorar as condições econômicas e de armazenamento, o produtor pode optar por comprar os grãos de milho em épocas que o valor está acessível, em seguida, adotar o processo de ensilagem com hidratação do grão e utilizar essa silagem estrategicamente em períodos de indisponibilidade de forragem e preço elevado, funcionando como manobra para evitar gastos excessivos. Outra opção tem sido proposta na utilização de uma ampla variedade de aditivos, a fim de melhorar o processo de fermentação e a estabilidade aeróbia, através da inibição de microrganismos inconvenientes após a abertura do silo (MORAIS et al., 2017). O uso de aditivo hidratante nos grãos é bastante utilizado a fim de melhorar a digestibilidade (KUNG et al., 2014) e a qualidade da silagem (SAYLOR et al., 2020). Entretanto, para silagens ricas em energia, como grãos de cereais, o controle sobre a população de microrganismos indesejáveis também é importante para garantir a segurança do alimento (SADHASIVAM et al., 2017).

Sendo assim, a adição de ureia pode ajudar em inibir o desenvolvimento desses agentes indesejáveis, que usam carboidratos solúveis e ácidos residuais após abertura do silo. A associação de seu uso a silagem de espécies forrageiras, juntamente com uma densidade de compactação apropriada que possa permitir as condições adequadas de anaerobiose no silo, promove a produção de silagem com menores perdas fermentativas e melhora da estabilidade aeróbica (SCHMIDT et al., 2014).

A palma forrageira também se apresenta como uma dessas alternativas inovadoras para a técnica de hidratação, por se tratar de uma cactácea exótica e adaptada à região árida e semiárida, é utilizada mundialmente em várias regiões, extremamente rica em água e nutrientes, tornando-se uma ótima opção como aditivo hidratante. Gebre-Mariam e Gebresamuel (2012) em um estudo comparativo entre duas variedades de palma [*Opuntia ficus-indica* (OFI) e *Opuntia stricta* (OS)] concluíram que a mucilagem de OS apresentou superior qualidade como aditivo alimentar por exibir melhor poder de expansão, tensão superficial, pH e viscosidade.

Assim, a adição de palma forrageira em silagens de grãos em regiões que tem suscetibilidade a escassez hídrica pode ser uma excelente opção. Quando submetida a ambiente de anaerobiose, é capaz de produzir ácidos orgânicos (ácido lático e acético), estes ácidos permite uma boa preservação do material ensilado através da redução de pH, além de possuir propriedades antifúngicas (CARVALHO et al., 2014). A fermentação da silagem do cacto é dominada pela fermentação do ácido lático, resultando na depleção do pH em torno de 4,0 e baixo teor de fermento (GUSHA et al., 2016; MOKOBOKI et al., 2016).

Diante do exposto, pressupõe-se que a mucilagem da palma forrageira poderá proporcionar uma redução acentuada do pH, evitar perdas fermentativas, e associada a ureia atuar na inibição de microrganismos deletérios, aumentam a estabilidade aeróbia e melhorar assim a preservação e qualidade da silagem de grãos de milho. Objetivou-se, avaliar as perdas, pH e estabilidade aeróbia da silagem de grão de milho hidratada com diferentes proporções de palma forrageira associada a ureia.

MATERIAL E MÉTODOS

Comissão de ética

Este experimento foi realizado em estrita concordância com as recomendações do Guia do Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). O protocolo foi aprovado pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Federal de Campina Grande, Estado da Paraíba, Brasil (Número de Permissão: 07/2019).

Local

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Campina Grande, CSTR/UFCG, no município de Patos – PB. O município se integra na região do semiárido paraibano.

Delineamentos e tratamentos (Experimento II)

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (2 x 5), com quatro repetições, (2) referente aos fatores com e sem ureia, (5) cinco diferentes tipos de silagem. Então foram 10 tratamentos com 4 repetições, totalizando 40 silos experimentais tipo balde, adaptados com válvulas de Bunsen. Os tratamentos consistiram de cinco diferentes proporções de palma forrageira (0%, 5%, 10%, 20% e 40%), adicionadas de 1,5% de ureia ou não em silagem de grão de milho. O tratamento controle corresponde à silagem reidratada com água (sem palma e sem ureia).

Foram confeccionados mini silos de balde com capacidade de 3,0 kg de armazenamento. Para caracterização da silagem foi analisada o material *in natura* e o produto da silagem após 90 dias do ensilamento, através das seguintes variáveis: perdas de matéria seca (MS), efluentes e gases, enquanto que a estabilidade aeróbia e pH foram analisadas a partir das silagens dos mini silos cano PVC.

Determinação de perdas por efluente, matéria seca e gases

Para atingir os valores de perdas por gases e efluentes, foram confeccionados e utilizados silos experimentais do tipo balde, com capacidade de três kg de armazenamento de silagem, vedados e com uma válvula tipo Bunsen adaptada em sua tampa, para permitir o escape dos gases provenientes da fermentação. Foi depositado areia no fundo de cada balde, separados dos grãos por uma camada de tecido de TNT, de modo em que o peso total, juntamente com a tampa atingisse 1,0 kg, tornando-se possível medir a quantidade de efluentes retidas. A abertura dos baldes ocorreu após um período de 90 dias. As perdas de matéria seca das silagens sob as formas de efluentes e recuperação de matéria seca foram calculadas segundo as equações descritas por (JOBIM & NUSSIO., 2013), enquanto as perdas de gases pela equação descrita por Zanine et al., (2010).

As perdas por efluentes (PE) foram calculadas pela Equação abaixo:

$$PE = (P_{ab} - P_{en}) / (MV_{fe}) \times 1000$$

E = Produção de efluente (kg/t de massa verde);

P_{ab} = Peso do conjunto (silo+areia+ pano+tela) na abertura (kg);

P_{en} = Peso do conjunto (silo+areia+pano +tela) na ensilagem (kg);

MV_{fe} = Massa verde de forragem ensilada (kg).

A recuperação de MS (RMS) foi estimada pela seguinte Equação:

$$RMS = (MF_{ab} \times MS_{ab}) / (MF_{fe} \times MS_{fe}) * 100$$

RMS = índice de recuperação de matéria seca;

MF_{ab} = massa de forragem na abertura;

MS_{ab} = teor de MS na abertura;

MF_{fe} = massa de forragem no fechamento;

MS_{fe} = teor de MS da forragem no fechamento.

Pela equação abaixo foram calculadas as perdas por gases (PG):

$$PG = (PC_f - PC_a) / (MF_f \times MS_f) \times 10000$$

PG = perda de gás (%DM);

PC_f = peso do silo cheio na vedação (kg);

PC_a = peso do balde cheio na abertura (kg);

MF_f = massa de forragem na ensilagem (kg);

MS_f = concentração de matéria seca da forragem no fechamento (%).

Determinação de PH

A determinação do pH em água destilada foi realizada em triplicata, coletando-se aproximadamente 25g de amostra do material ensilado de cada tratamento e adicionado 100 mL de água (SILVA e QUEIROZ, 2002). Após uma hora, a leitura foi feita de acordo com a metodologia descrita por Bolsen et al. (1992), utilizando um pHmetro digital.

Estabilidade aeróbia

As silagens foram levadas a uma sala fechada e a temperatura foi controlada em uma faixa de 25° C. A temperatura ambiente da sala foi medida com a utilização de um termômetro de mercúrio, que ficou suspenso ao ar. Após o período determinado do experimento (90 dias), foi realizada a abertura dos silos, dispensada 10 cm da camada superficial, em seguida o material de cada silo foi homogeneizado para avaliação da estabilidade aeróbia da camada superficial e interna da silagem. O material foi exposto ao ar por períodos de 0, 4, 8, 12, 16, 20, 24 até 120 horas, isto é, a temperatura superficial e da massa da silagem foi verificada entre intervalos de quatro horas. Foi utilizado um termômetro digital infravermelho para conferir a temperatura superficial da silagem sem toque, enquanto, a temperatura da massa dos grãos, com um termômetro digital de imersão, inserido a 10 cm no centro da silagem. A estabilidade foi calculada como o tempo observado para que a silagem, após exposição ao ar, apresente aumento de 2° C em relação à temperatura ambiente, de acordo com (TAYLOR e KUNG JR, 2002).

Análise estatística

Em seguida, todos os dados foram submetidos à análise de variância e posterior teste de Tukey, onde as médias foram comparadas ao nível de 5% utilizando os procedimentos MIXED e REG implementados no software estatístico SAS® versão 9.1 (SAS, 2007).

$$Y_{ijk} = u + H_i + U_j + (HU)_{ij} + e_{ijk}$$

Onde: u é a média geral, H é o efeito da hidratação, U efeito da taxa de 1,5% ureia, $(tB)_{ij}$ é a interação entre a hidratação e ureia, e_{ijk} é o erro aleatório.

RESULTADOS E DICUSSÃO

Não houve interação ($p > 0,05$) entre a adição de palma forrageira como aditivo úmido e a adição de ureia (1,5%) ou não nas silagens de grão de milho para as perdas por efluentes e gases (Tabela 3). Também não houve efeito da adição ou não de ureia ($p > 0,05$) sobre as perdas por efluentes e gases das silagens. Para perdas por gases não houve interação ($p > 0,05$) entre os fatores avaliados. Bem como a hidratação das silagens com palma forrageira não afetou as perdas por gases ($p > 0,05$).

As médias de hidratação 5% e 10% palma e dose fixa de ureia (1,5%) apresentaram menores valores para perdas por gases ($p < 0,01$), respectivamente 0,99% e 0,88%. Este resultado sugere que a adição da palma forrageira como aditivo hidratante, que tem alta concentração de carboidratos solúveis associado ao poder inibidor da ureia sobre a população de microrganismos indesejáveis, contribuiu para o crescimento de bactérias ácido láctico (BAL), e consequentemente, reduzidas perdas por gases. Ren et al. (2018) afirmam que as BAL desempenham um importante papel ao impedir a produção de etanol e outros gases, em decorrência da conversão dos carboidratos solúveis em ácido láctico, o aumento deste ácido, deve-se ao tamponamento produzido pela fermentação, evitando significativas perdas de fermentação.

Quanto à recuperação de matéria seca (RMS), houve interação ($p < 0,01$) entre hidratação e dose fixa de 1,5% ureia ($H \times U$) em silagem de grão de milho. A RMS foi maior no fator com palma forrageira do que com 1,5% ureia.

Tabela 5. Valores de perdas efluentes, gases e recuperação da matéria seca em silagens de grão de milho hidratadas com água e palma forrageira, sem e com adição de ureia (1,5%), após 90 dias de armazenamento.

Uso da Ureia (U)	Adição de hidratante (H) na silagem					Média	EPM ¹	P-valor		
	Água	5% palma	10% palma	20% palma	40% palma			Hidratação (H)	Ureia (U)	H × U
Efluentes (kg/t)										
Sem (0%)	1,60	1,81	1,77	1,77	1,75	1,58	0,51	0,55	0,09	0,09
Com (1,5%)	3,33	2,10	1,47	3,10	1,86	2,38				
Média	2,49	1,53	1,64	2,43	1,80					
Gases (%)										
Sem (0%)	2,22	1,52	0,73	0,93	2,05	1,49	0,38	0,02	0,60	0,06
Com (1,5%)	2,17	0,46	0,93	2,23	2,30	1,62				
Média	2,20a	0,99b	0,88b	1,62ab	2,14a					
Recuperação da matéria seca da silagem (%)										
Sem (0%)	99,2aA	98,7abA	99,5aA	97,3bA	97,9bA	98,5	0,10	<0,01	<0,01	<0,01
Com (1,5%)	99,3aA	97,0bB	98,9aA	97,8bA	96,9bB	98,0				
Média	99,3	97,8	99,2	95,2	97,4					

¹EPM: erro padrão médio. Letras minúsculas diferentes na linha representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação na silagem de grão de milho. Letras maiúsculas diferentes na coluna representam significância de $p < 0,05$ no uso da ureia em silagem de grão de milho.

A maior RMS na hidratação se deu pela capacidade da mucilagem em reter líquidos na massa ensilada, essa característica influencia diretamente em reduzidas perdas de fermentação, conseqüentemente, eficiente RMS (MONRROY et al., 2017). A eficiência deste resultado pode estar diretamente relacionada à redução de agentes deterioradores de silagem (mofos e enterobactérias) neste mesmo tratamento após 90 dias de armazenamento. Já para o fator de 1,5% ureia apresentou valores inferiores a hidratação com palma forrageira, entretanto, RMS satisfatória. Para Kung Jr. et al. (2003), o uso de ureia como aditivo causa aumento nos níveis de pH da silagem, resultando em inibição de microrganismos indesejáveis. Schmidt (2006), afirma que a liberação de amônia, realizada pelo uso de ureia reduz o crescimento de leveduras e bolores, e conseqüentemente, reduz perdas de MS. O resultado do atual estudo se mostrou mais satisfatório que os observados por Vieira et al. (2017) quando avaliou a adição do aditivo em subproduto do milho doce, obtendo valor de 93,32 para RMS com inclusão da mesma proporção de ureia.

Em relação aos dados de pH (Figuras 1 e 1A), com adição de palma forrageira como aditivo úmido sem ureia (0%) e uso de 1,5% de ureia, nota-se que houve interação entre os fatores ($p < 0,01$). Ao observar os gráficos de ambos os fatores, verificou-se que a interação resultou em efeito positivo na redução de pH para o fator com adição de palma forrageira como hidratante e efeito negativo para as silagens acrescidas de 1,5% de ureia. Pode-se afirmar então que a hidratação com palma forrageira proporciona melhor capacidade de fermentação em curto período de armazenamento (15 dias) com a inclusão das proporções de 20% e 40% em comparação a hidratação com água, confirmando a eficiência do cacto na diminuição acentuada do pH a níveis satisfatórios, de modo a manter o meio acidificado, inibindo a proliferação de microrganismos indesejáveis, melhorando assim, a preservação do material ensilado. Ben Salem e Abidi (2009) afirmam que quanto mais baixo o pH, maior concentração de açúcares solúveis nas silagens. O cacto é detentor de elevado teor de carboidratos solúveis em água, que após fermentação reduz adequadamente o pH para uma faixa de preservação destas silagens. Miranda-Romero et al. (2018) aponta que valores de pH em torno de 3,8 indicam uma elevada dominância de BAL, e conseqüentemente, acúmulo de ácido lático, que tem a capacidade de melhorar a preservação do material ensilado e restringir a proliferação de microrganismos indesejáveis. A veracidade desta hipótese é retratada no elevado número de BAL verificada em tratamentos hidratados de 20% e 40% palma após 15 dias de ensilagem. Destaca-se ainda, que as silagens tratadas com as diferentes proporções da mucilagem de palma forrageira visivelmente apresentaram melhores características sensoriais com coloração e cheiro agradável.

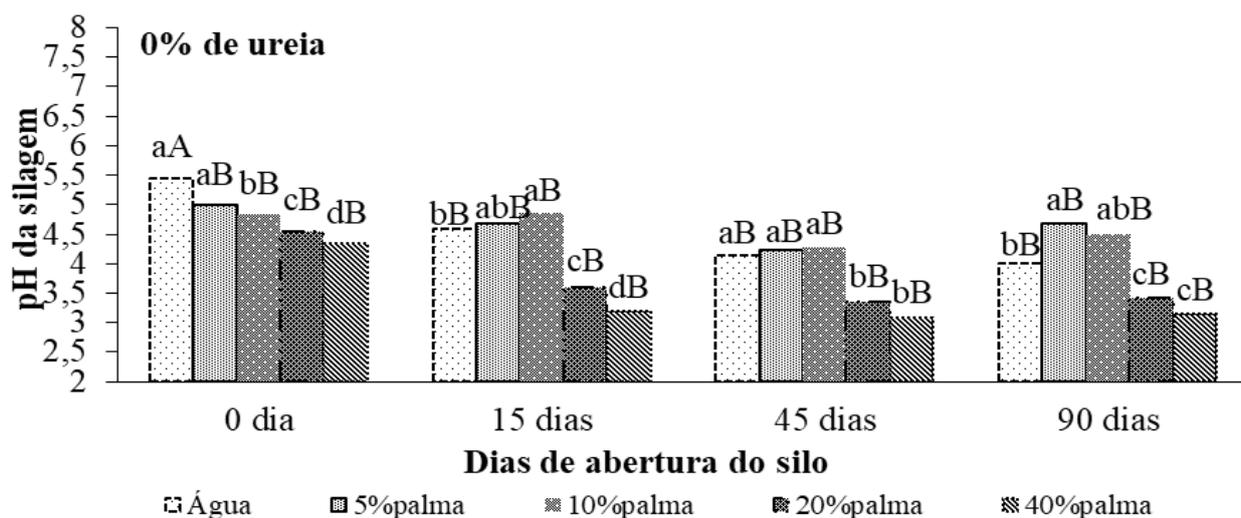


Figura 1. Valores de pH de silagens de grão de milho hidratada com água e palma forrageira sem ureia, após abertura dos silos. Letras minúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação.

Já o incremento do percentual de 1,5% de ureia resultou no aumento do pH para cada período de abertura, comprovando que os valores encontrados no presente estudo foram altos (Figura 1 e 1A). Os maiores valores de pH das silagens enriquecidas com o uso de 1,5% do aditivo podem ser explicados pelo maior número de compostos proteicos em virtude da adição de ureia. Estes têm um efeito negativo sobre a redução do pH pelo aumento da capacidade de tamponamento, ou seja, sua alta capacidade tamponante permitiu uma maior resistência na redução de pH das silagens, corroborando com (CALIXTO JUNIOR et al., 2017). Vale ressaltar, que entre as silagens tratadas com os diferentes aditivos, a silagem que continha ureia apresentou os piores aspectos perceptíveis em todos os períodos de abertura dos silos (cor escura e forte cheiro de amônia).

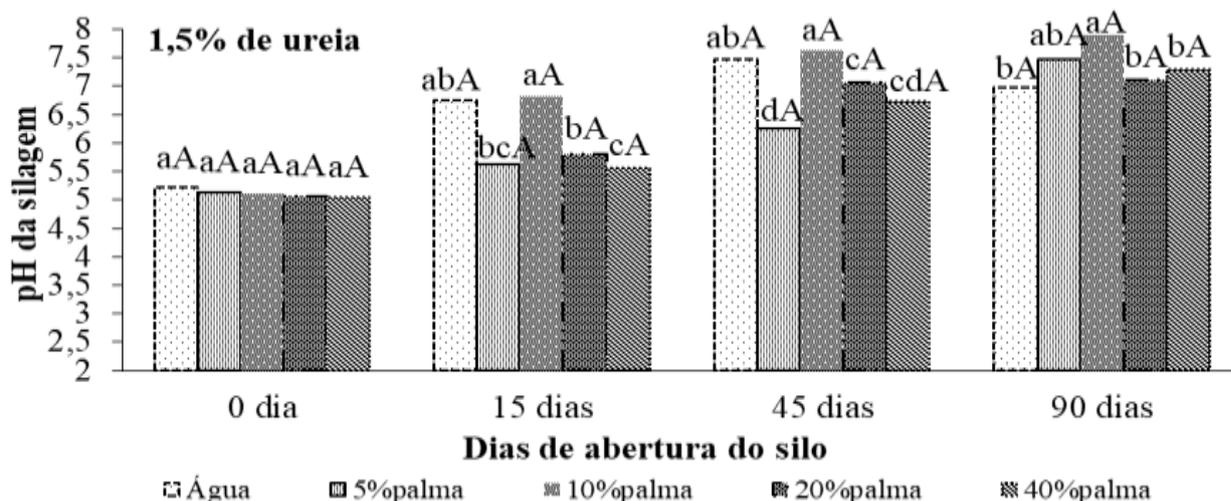


Figura 2. Valores de pH de silagem de grão de milho com ureia, após abertura do silo. Letras minúsculas diferentes representam significância $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.

Entre os fatores (H × U) não houve interação para temperatura superficial (Figura 2 e 2A). As silagens acrescidas de palma apresentaram menor temperatura superficial em aerobiose ($p < 0,05$) quando comparadas ao tratamento controle, não havendo quebra de estabilidade (Figura 2). A diminuição de temperatura em silagens de grão de milho com hidratação da mucilagem pode ser explicada pelo seu caráter hidrofílico, que retarda a perda de água e atua como um eficiente estabilizante (ALLEGRA et al., 2017), interrompendo a ruptura da massa ensilada, exercendo prolongamento e firmeza do material.

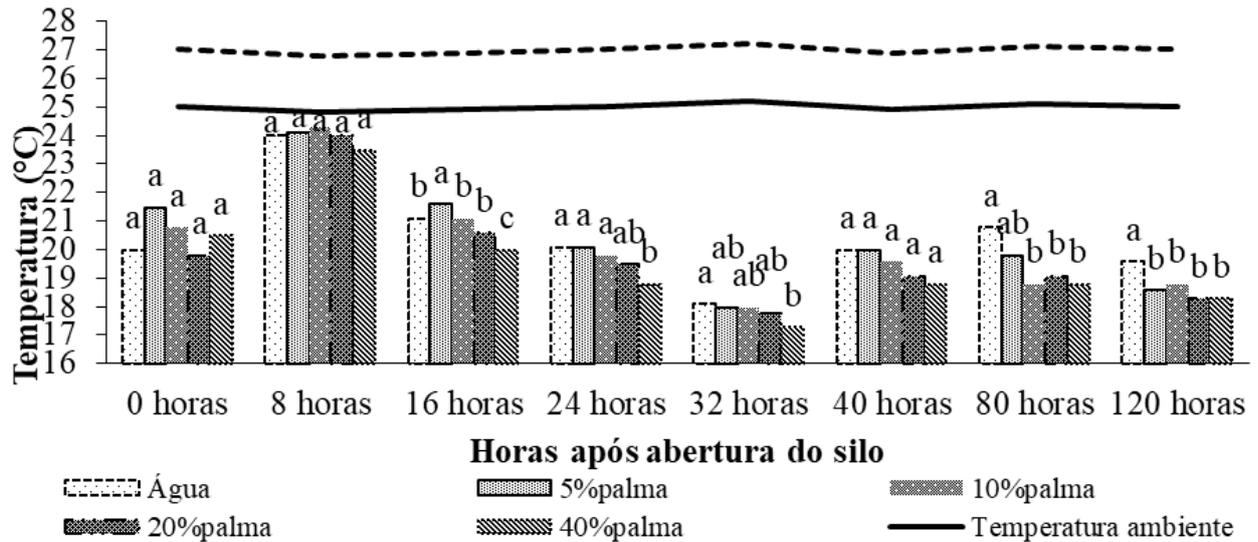


Figura 3. Temperatura superficial da silagem de grão de milho hidratada com palma forrageira, após abertura do silo. Letras minúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação da silagem de grão de milho.

Não foi observado efeito entre tratamentos com 1,5% de ureia ou não e o tempo de exposição (Figura 2A).

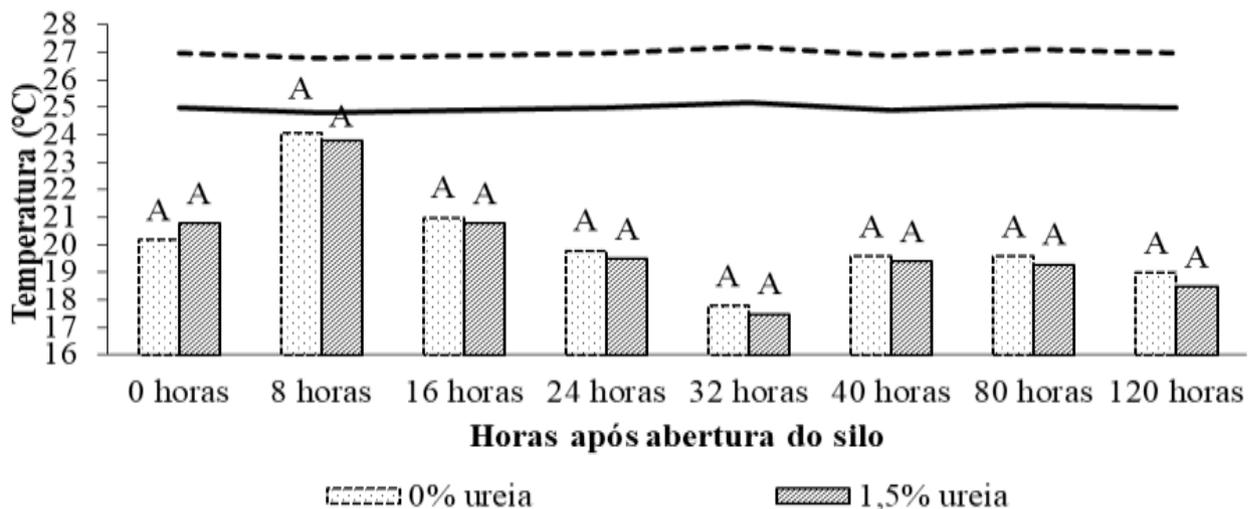


Figura 4. Temperatura superficial da silagem de grão de milho sem e com adição de ureia, após abertura do silo. Letras maiúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.

Nas Figuras 3 e 3A, observa-se que não houve interação entre os fatores (H x U) para temperatura interna das silagens. Houve efeito ($p < 0,05$) da reidratação com água (controle) e horas de exposição ao ar somente para temperatura interna da silagem, apresentando valores de 28,2 as 40 h; 28,9 as 80 h; 28,8 as 120 h de exposição conforme (Figura 3). Kung et al. (2007) afirma que o grão de milho hidratado pode ocasionar deterioração aeróbia em decorrência de sua capacidade de fermentação reduzida e alto teor de amido em comparação com outros tipos de alimentos ensilados, que podem ser utilizados como fonte energética para leveduras. No entanto, Santos et al. (2010) destaca que quanto melhor é a qualidade da silagem, menor é a estabilidade do material ensilado, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis residuais e de ácido láctico.

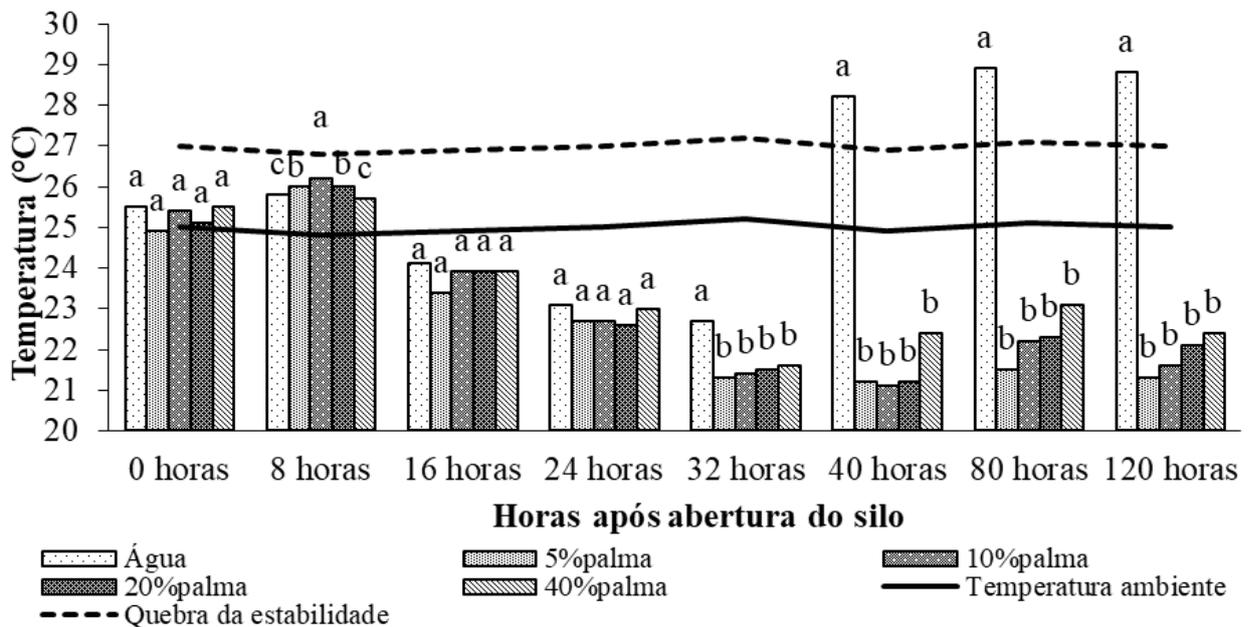


Figura 5. Temperatura interna da silagem de grão de milho hidratada com água e palma forrageira, após abertura do silo. Letras minúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para o tipo de hidratação da silagem de grão de milho.

Em contraste, as silagens tratadas com diferentes doses de palma forrageira não se deterioraram até às 120 horas após a abertura. Concordando com a pesquisa de Pereira et al. (2020), onde não houve deterioração aeróbia na silagem de opuntia. Uma possível explicação da não deterioração da silagem umedecida com a mucilagem de palma forrageira, é que o cacto possui alta concentração de ácido acético, como indicativo de ser uma característica própria da cactácea, tal característica, fornece condições favoráveis para o desenvolvimento de BAL heterofermentativo em decorrência do lento declínio do pH da silagem, devido à presença de substâncias tamponantes, como oxálico, málico, cítrico, malônico, ácido succínico e tartárico

resultantes do metabolismo ácido crassuláceo, capazes de exercer uma ação antifúngica, que está diretamente associado ao alto teor de ácido acético, garantindo alta estabilidade aeróbia (PETERA et al., 2015; ISAAC, 2016). Isto foi evidenciado no presente estudo, tendo em vista que as silagens tratadas com as diferentes proporções de palma forrageira se mantiveram estáveis na camada interna, não havendo quebra de estabilidade aeróbia durante 120 horas, maior tempo de exposição ao ar se comparado com uma silagem fornecida em cocho (12 a 24 h).

Para temperatura interna da silagem com adição de 1,5% ureia houve redução de temperatura significativa ($p < 0,05$) em relação ao tratamento controle a partir das 40 horas de exposição, no entanto, não houve quebra da estabilidade (Figura 3A). A silagem controle e silagens enriquecidas com 1,5% de ureia apresentaram resistência a quebra da estabilidade, ambas se mantiveram estáveis até às 120 horas de exposição ao ar. Contudo, silagens tratadas com 1,5% de ureia obtiveram menor temperatura. Allen et al. (2003) explicam que silagens tratadas com amônia atinge menor temperatura, menor perda de MS do que em silagens não tratadas com o aditivo. Isso pode ser explicado pelo fato de a amônia ser tóxica para microrganismos secundários (leveduras e fungos), promovendo assim maior estabilidade aeróbia, provando ser eficaz em reduzir a deterioração da silagem. Santos et al. (2020) estudando o efeito da ureia em silagem de milho, também encontraram resultado positivo sobre a estabilidade aeróbia, concordando com o presente trabalho.

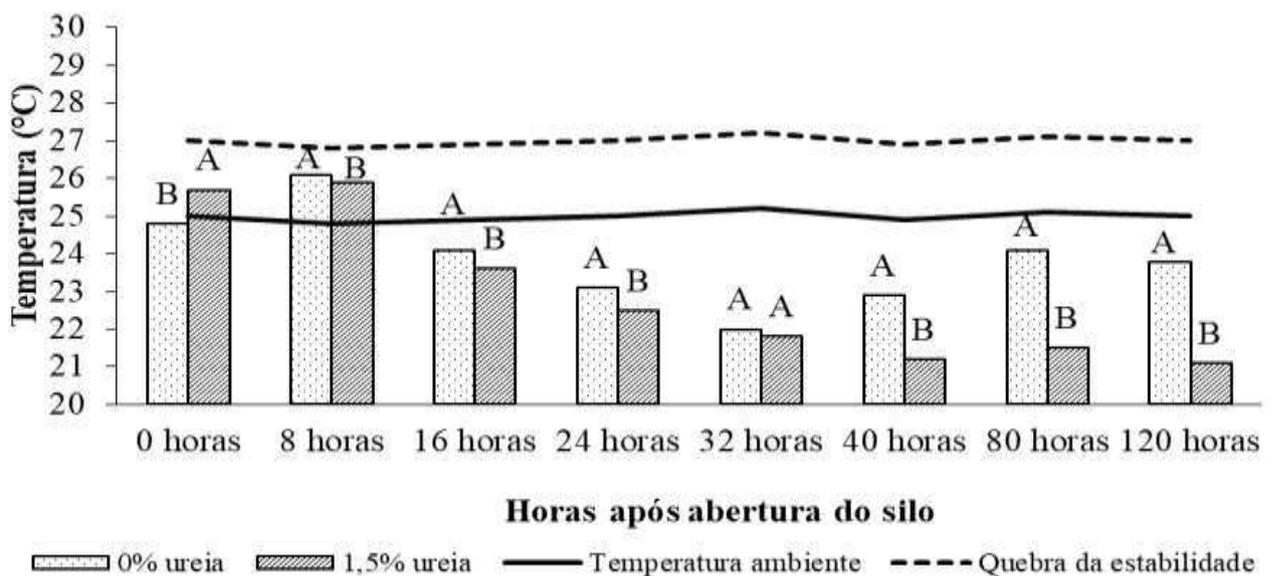


Figura 6. Temperatura interna da silagem de grão de milho sem e com adição de ureia, após abertura do silo. Letras maiúsculas diferentes representam significância de $p < 0,05$ para uso da ureia na silagem de grão de milho.

CONCLUSÃO

Em adição, a palma forrageira como aditivo propiciou reduzidas perdas por efluentes, gases, alta RMS, menores valores de pH e aumento da estabilidade aeróbia. O nível de 20% e 40% de palma forrageira apresentou os melhores resultados para uma fermentação rápida e bem sucedida em silagem de grão de milho.

O incremento da dose fixa de 1,5% de ureia melhorou a RMS aos 90 dias de ensilagem e aumento da estabilidade aeróbia após 5 dias de avaliação em silagem de grão de milho triturado.

REFERÊNCIAS

- ALLEGRA, A. et al. The effectiveness of *Opuntia ficusindica* mucilage edible coating on postharvest maintenance of ‘Dottato’ fig (*Ficus carica* L.) fruit. **Food Packaging Shelf Life**, v.12, p.135-41, 2017.
- ALLEN, M. S. et al. Silage Science and technology. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; **Soil Science Society of America**, p.547-608, 2003.
- BEN SALEM, H., ABIDI, S. Recent advances on the potential use of *Opuntia* spp. In livestock feeding. Proc. VIth International Congress on Cactus and Cochineal. **Acta Horticulturae**. v.811, p.317–324, 2009.
- BOLSEN, K. K. et al. Evaluation of inoculant-treated corn silages. **Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports**, n.1, p.104-107, 1992.
- CARVALHO, B. F. et al. Microbiological and chemical profile of sugar cane silage fermentation inoculated with wild strains of lactic acid bacteria. **Animal Feed Science and Technology**, v.195, p.1–13, 2014.
- COSTA, M. S. et al. Tendências observadas em extremos de precipitação sobre a região Semiárida do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.08, p.1321-1334, 2015.
- GEBRE-MARIAM, T., GEBRESAMUEL. Comparative Physico-Chemical Characterization of the Mucilages of Two Cactus Pears (*Opuntia* spp.) Obtained from Mekelle, Northern Ethiopia. **Journal of Biomaterials and Nanobiotechnology**, v.3, p.79-86, 2012.
- GÓMEZ-VÁSQUEZ, A. et al. Nutritional value of sugarcane silage enriched with corn grain, urea, and minerals as feed supplement on growth performance of beef steers grazing stargrass. **Tropical Animal Health and Production**, v.43, p.215–220, 2011.
- GUSHA, J. et al. Efeito da alimentação com silagens de leguminosa-palma na retenção de nitrogênio, digestibilidade e síntese de proteína microbiana em caprinos. **Animal Feed Science Technology**, v.206, p.1–7, 2016.
- ISAAC, A. A. Overview of cactus (*Opuntia ficus-indica* (L)): a myriad of alternatives. **Studies on Ethno-Medicine**, v.10, p.195–205, 2016.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L.G. Princípios básicos da fermentação na ensilagem. In: Reis, R.A.; Bernarde, T.F.; Siqueira, G.R (Orgs.). Forragicultura – **Ciência, tecnologia e gestão de recursos forrageiros**, p.714, 2013.
- KUNG JR, L. et al. Silage additives. Madison: American Society of Agronomy, Crop Society of America. **Soil Science Society of America**, p.251-304, 2003.

- CALIXTO JUNIOR, M. et al. Nutritional additives in high moisture corn silage. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, p.105-111, 2017.
- KUNG JR, L. et al. The effect of an exogenous protease on the fermentation and nutritive value of high-moisture corn. **Journal of Dairy Science**, v.97, p.1707–1712, 2014.
- KUNG. et al. O efeito de *Lactobacillus buchneri* 40788 na fermentação e estabilidade aeróbia de milho moído e integral de alta umidade. **Journal Dairy Science**, v.90, p.2309–2314, 2007.
- MIRANDA-ROMERO, L. A. et al. Nutritive value of cactus pear silages for finishing lambs. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.20, p.196–215, 2018.
- MIRANDA-ROMERO, L. A. et al. Nutritive value of cactus pear silages for finishing lambs. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, v.20, p.196–215, 2018.
- MOKOBOKI, K. et al. Efeitos dos níveis de melão e condições de cultivo no valor nutritivo e na qualidade da fermentação da silagem de cladódios *Opuntia*. **Journal Animal. Plant Science**. 2016, v.28, p.488–495, 2016.
- MOMBACH, M.A. et al. Rehydration of dry corn grain as an alternative for conservation purposes. **Australian Journal of Crop Science**, v.12, p.1472-1478, 2018.
- MONRROY, M. et al. Extraction and physicochemical characterization of mucilage from *Opuntia cochenillifera* (L.) Miller. **Journal of Chemistry**, p.1-9, 2017.
- MORAIS, G. et al. Additives for grain silages: a review. **Slovak Journal Animal Science**, v.50, p.42-54, 2017.
- PEREIRA, G. A. et al. Isolation and identification of lactic acid bacteria in fresh plants and in silage from *Opuntia* and their effects on the fermentation and aerobic stability of silage. **The Journal of Agricultural Science**, p.1-9, 2020.
- PETERA, B. et al. Characterization of arabinogalactan-rich mucilage from *Cereus triangularis* cladodes. **Carbohydrate Polymers**. v.127, p.372–380, 2015.
- REN, H. et al. Effects of formic or acetic acid on the storage quality of mixed air-dried corn stover and cabbage waste, and microbial community analysis. **Food Technology and Biotechnology**, v.56, p.71–82, 2018.
- SADHASIVAM, S. et al. Rapid detection and identification of mycotoxigenic fungi and mycotoxins in stored wheat grain. **Brazilian Journal of Development**, v.9, p.302, 2017.
- SANTOS, M. V. F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo das silagens de forrageiras tropicais. **Arquivos de Zootecnia**, v.59, p.25- 43, 2010.

- SANTOS, A. P. M. et al. Effect of Inoculation with Preactivated *Lactobacillus Buchneri* and Urea on Fermentative Profile, Aerobic Stability and Nutritive Value in Corn Silage. **Agriculture**, v.10, p.2- 14 2020.
- SAS/STAT user's guide: version 9.1. SAS Inst. Inc., Cary, NC, USA, 2007.
- SAYLOR, B. A. et al. Effect of microbial inoculation and particle size on fermentation profile, aerobic stability, and ruminal in situ starch degradation of high-moisture corn ensiled for a short period. **Journal of Dairy Science**, v.103, p.379–395, 2020.
- SCHMIDT, P. et al. Effects of *Lactobacillus buchneri* on the nutritive value of sugarcane silage for finishing beef bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.43, p.8-13, 2014.
- SCHMIDT, P. Fermentative losses in silage, digestive parameters and performance of beef cattle fed with sugar cane silage (228f. Tese (Thesis Doctor Science), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba), 2006.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. Determinação do nitrogênio total e da proteína bruta. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**, v.3, p.57-75, 2002.
- TAYLOR, C. C., KUNG, L. The Effect of *Lactobacillus buchneri* 40788 on the Fermentation and Aerobic Stability of High Moisture Corn in Laboratory Silos1. **Journal of Dairy Science**, v.85, p.1526-1532, 2002.
- VIEIRA, D. A. et al. The performance of steers fed on sugarcane in natura or ensiled with concentrate. **Journal of Agricultural Science**, v.9, p.226-232, 2017.
- ZANINE, A. M. et al. Evaluation of elephant grass silage with the addition of cassava scrapings. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.39, p.2611–2616, 2010.