

# Uso de níveis de ureia em silagens de sorgo submetidas à exposição aeróbica

*Use of urea levels in sorghum silages subjected to aerobic exposure*

Julian Vanessa Nascimento Marinho <sup>1\*</sup>

Karollayne da Silva Dib <sup>1</sup>

Raquel Nascimento da Cunha <sup>1</sup>

Ronaldo Francisco de Lima <sup>1</sup>

Ronan Magalhães de Souza <sup>1,2</sup>

Andrea Krystina Vinente Guimarães <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), Santarém, PA, Brasil

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém, PA, Brasil

\*Correspondência: [nailuhj@gmail.com](mailto:nailuhj@gmail.com)

Recebido: 23 abr 2024 | Aceito: 7 jul 2024

DOI: <http://dx.doi.org/10.7213/acad.2024.22003>

Rev. Acad. Ciênc. Anim. 2024;22:e22003

## Resumo

Objetivou-se avaliar os efeitos de níveis de ureia e exposição aeróbica sobre a composição químico-bromatológica e estabilidade aeróbica em silagens de sorgo. A cultivar do sorgo utilizada foi Santa Elisa. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, composto por cinco níveis de ureia - 0; 0,5; 1,5; 2,5; e 3,5% com base na matéria seca (MS) - e dois tempos de exposição aeróbica (0 e 72h). Foram quatro repetições por tratamentos, totalizando 20 silos experimentais. Para os dados referentes às perdas de gases, perdas de MS e recuperação de MS, utilizou-se apenas o tempo de 0h. Após 100 dias, os silos foram abertos e realizadas a avaliação sensorial, análises químico-bromatológica e avaliação da estabilidade aeróbica. Os dados da estabilidade aeróbica foram submetidos à análise descritiva e as médias da composição química-bromatológica foram analisadas por meio do programa computacio-

nal SAS. As médias foram submetidas à análise de variância através do PROC GLM, onde foram testados os contrastes linear e quadrático, considerando a probabilidade de 5% ( $p < 0,05$ ) como nível de significância estatística. A adição de ureia promoveu efeito ( $p < 0,05$ ) para MS e matéria mineral em relação ao tempo de 72h de exposição anaeróbica. A proteína bruta (PB) apresentou efeito crescente ( $p < 0,05$ ) no tempo de 0h e aumento nos teores, chegando a 7,5%. Para extrato etéreo, compostos nitrogenados insolúveis no detergente ácido e proteína insolúvel no detergente ácido, a adição de ureia promoveu efeito em ambos os tempos. A estabilidade aeróbica permaneceu estável até 108h de exposição aeróbica. Como conclusão, a adição de ureia promoveu modificações na composição químico-bromatológica do material, aumentou os teores de PB e afetou as frações fibrosas, não inibindo o crescimento de microrganismos indesejáveis em silagens expostas por 72h. Os teores de MS e de nitrogênio amoniacal nas silagens expostas por 72 h ficaram fora do valor desejado para uma silagem de boa qualidade, sendo inviável ao consumo pelo animal. Em relação à estabilidade, as silagens permaneceram até 84 horas após a abertura dos silos, tendo que ser descartadas após esse tempo. Diante dos resultados obtidos, não recomenda-se o uso da ureia em silagens de sorgo que precisem ficar expostas por um médio e longo período de tempo.

**Palavras-chave:** Aditivo químico. Deterioração. Fermentação. Perdas.

## Abstract

The work aimed to evaluate the effects of urea levels and aerobic exposure on the chemical-bromatological composition and aerobic stability of sorghum silages. The sorghum cultivar used was Santa Elisa. The experimental design used was completely randomized, in a 5 x 2 factorial scheme, consisting of five levels of urea - 0; 0.5; 1.5; 2.5; and 3.5% based on dry matter (DM) - and two times of aerobic exposure 0 and 72h. There were four replications per treatment, totaling 20 experimental silos. For data relating to gas losses, DM losses and recovery, only the time of 0h was used. After 100 days, the silos were opened, and sensory evaluation, chemical-bromatological analysis and evaluation of aerobic stability were carried out. The aerobic stability data were subjected to descriptive analysis and the chemical and chemical composition averages were analyzed using the SAS computer program. The means were subjected to analysis of variance using PROC GLM, where linear and quadratic contrasts were tested, considering a probability of 5% ( $p < 0.05$ ) as the level of statistical significance. The addition of urea promoted an effect ( $p < 0.05$ ) for DM, mineral matter in relation to the time of 72h of anaerobic exposure; crude protein (CP) showed an increasing effect ( $p < 0.05$ ) at the time of 0h, presenting increase in levels reaching 7.5%. For ether extract, nitrogenous compounds insoluble in the acid detergent and protein insoluble in the acid detergent, the addition of urea promoted an effect at both times. Aerobic stability remained stable up to 108h of aerobic exposure. In conclusion, the addition of urea promoted changes in the chemical-bromatological composition of the material, increased the CP content and affected the fibrous fractions, without inhibiting the growth of undesirable microorganisms in silages exposed for 72h. The DM and ammonia nitrogen contents in silages exposed for 72h were outside the desired value for good quality silage, making it unfeasible for the animal to consume. Regarding stability, the silages remained for up to 84hs after opening the silos, having to be discarded after this time. Given the results obtained, the use of urea in sorghum silages that need to be exposed for a medium and long period of time is not recommended.

**Keywords:** Chemical additive. Deterioration. Fermentation. Losses.

## Introdução

Um dos principais alimentos utilizados na nutrição do gado nos sistemas de produção em confinamento é a silagem, que compreende a conservação de alimentos úmidos ou parcialmente secos em meio anaeróbico, com o objetivo de conservar as características nutricionais da planta com poucas perdas (Cavalcante et al., 2020). Entre as forrageiras empregadas para ensilar, o milho e o sorgo podem ser considerados as culturas mais utilizadas no mundo para tal finalidade, especialmente devido ao seu teor de carboidratos solúveis que beneficiam a fermentação láctica e consequente conservação da forragem (Avelino et al., 2011).

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) vem se destacando no meio agropecuário. É uma planta com características peculiares, que determinam facilidade de cultivo, baixo custo de produção quando incluída na alimentação animal, elevada produtividade em ambientes pouco favoráveis, grande potencial energético, maior retorno econômico, principalmente por possuir capacidade de rebrota, e alta digestibilidade (Martins, 2022).

No entanto, no processo de ensilagem ocorrem algumas perdas, como perdas por produção de gases, efluentes e calor. Santos (2018) descreve que elevadas perdas gasosas no sorgo forrageiro têm sido observadas em função da fermentação alcoólica. Com isso, para evitar as perdas nas silagens, tem-se buscado alternativas para o problema, as quais estão relacionadas ao uso de aditivos para melhorar a fermentação e minimizar as perdas nutricionais que ocorrem (Marques et al., 2022).

A ureia vem se destacando como aditivo. Frequentemente utilizada no processo de ensilagem, por atuar na fração fibrosa da forragem, solubilizando a hemicelulose e aumentando a disponibilidade de substratos prontamente fermentáveis para os microrganismos do rúmen, pode melhorar o valor nutricional do alimento com concentrações reduzidas de proteína, minimizando perdas fermentativas (Santos, 2018).

Um dos processos que vem sendo estudado é a exposição aeróbia de silagens por determinadas horas, visando observar a influência dessa exposição sobre a qualidade químico-bromatológica das silagens, uma vez que tem surgido um mercado

promissor no país, a comercialização de silagens para propriedades que não ensilam e as que ainda não fazem uso desse método. Além disso, Santos (2018) destaca que a realocação de silagens é uma alternativa para a alimentação durante o transporte a longas distâncias de animais que participam de eventos agropecuários. Segundo Chen e Weinberg, (2014), o processo de deslocamento da silagem pode durar um tempo, até mesmo dias, resultando na exposição da massa ao ar, que pode interferir diretamente na qualidade do alimento.

Diante disso, trabalhos têm mostrado que silagens expostas a determinadas horas têm baixa influência no seu valor nutricional; no entanto, silagens com adição de ureia e inoculante comercial têm apresentado maior estabilidade aeróbia e perdas mínimas do valor nutricional que não apresentam valor significativo (Chen e Weinberg, 2014; Marques et al., 2022). Diante do exposto, objetivou-se avaliar o uso de níveis de ureia e exposição aeróbica sobre a composição químico-bromatológica e estabilidade aeróbia em silagens de sorgo.

## Material e métodos

O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Bromatologia (Lab) da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), no município de Santarém, Pará. A cultivar do sorgo foi Santa Elisa, cultivada na Fazenda Experimental da UFOPA, km 37 da PA-370, na cidade de Santarém, com coordenadas geográficas de latitude 02°26'35" S e longitude 54°42'30" W, altitude de 51 metros e uma área de 24422,5 km<sup>2</sup> (IBGE, 2018).

A plantação ocorreu no mês de dezembro de 2020 e a colheita no mês de março de 2021, quando o sorgo estava com aproximadamente 120 dias e os grãos estavam no ponto pastoso - farináceo. A adubação das plantas foi constituída de 300 kg.ha<sup>-1</sup> do fertilizante 10-18-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) e após 30 dias do plantio aplicou-se 150 kg.ha<sup>-1</sup> de ureia em cobertura. A condução da lavoura de sorgo não envolveu práticas de controle de plantas daninhas e enfermidades com produtos químicos. As plantas foram colhidas de forma manual, com facão a 20 cm da superfície do solo, simulando a altura de corte da plataforma de uma ensiladeira mecanizada. Em seguida à colheita, o sorgo foi processado em uma

ensiladeira acoplada ao trator, regulada para cortar a forragem em partículas em torno de 2,0 a 3,0 cm.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2, composto por cinco níveis de ureia - 0; 0,5; 1,5; 2,5; e 3,5% com base na matéria seca (MS) - e dois tempos de exposição aeróbia (0 e 72 horas). Foram quatro repetições por tratamento, totalizando 20 silos experimentais. Para os dados referentes às perdas de gases, perdas de MS e recuperação de MS, utilizou-se apenas o tempo de 0h.

Depois de picado, o sorgo foi transportado para o Lab/UFOPA, para o ensaio em silos experimentais (SE) de PVC, com 100 mm de diâmetro e 350 mm de comprimento, adaptados com válvulas tipo Bunsen. Após a pesagem e homogeneização do sorgo, o material foi colocado nos silos (1,600 kg de forragem, em densidade de 600 kg/m<sup>3</sup>) e a forragem foi compactada manualmente, utilizando-se soquete de madeira. Completado o enchimento, os silos foram fechados, lacrados com fita adesiva, para evitar entrada de ar, e acondicionados em local de temperatura ambiente sob proteção de luz solar e chuvas. Os silos foram abertos 100 dias após a ensilagem e o conteúdo superior, uma faixa de aproximadamente 10 cm de silagem, foi descartado para maior confiabilidade da amostragem.

Para a determinação dos teores de MS foram retiradas amostras de 300 g de silagem no tempo de 0h e 200 g no tempo 72h de exposição aeróbia. As amostragens foram pré-secas em estufa de circulação de ar a 55 °C por 72h e, então, moídas em moinho de facas com peneira de crivo de 2 mm. Em seguida, o material foi armazenado em potes fechados para a realização das análises químico-bromatológicas. Foram retiradas amostras de silagem de cada tratamento com 0 e 72h de exposição ao ar e colocadas em sacos plásticos e armazenadas em freezer, para a determinação do nitrogênio amoniacal, seguindo a metodologia de Bolsen et al. (1992).

Para o ensaio da estabilidade aeróbia foi feita uma amostra composta de cada tratamento com 2 kg de silagem não compactado, acondicionadas em baldes de polipropileno com capacidade para 7 kg, onde ficaram por sete dias em uma sala fechada com temperatura média ambiente de 27 °C. A temperatura da sala foi monitorada duas vezes ao dia (8h e 20h), com uso de termômetro inserido a 10 cm da massa. A temperatura ambiente foi monitorada

com um termômetro de ambiente digital. Foram avaliados treze tempos (0, 24, 36, 48, 60, 72, 84, 96, 108, 120, 132, 144, 156 horas após a abertura dos SE) e no mesmo horário foram aferidos também os valores de pH, segundo a metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

A estabilidade aeróbia foi calculada como o número de horas observado para que a silagem, após a abertura do silo experimental, apresentasse elevação em 2 °C em relação à temperatura ambiente (Moran et al., 1996).

As perdas por gases (PG) e a recuperação de MS (RMS) foram quantificadas de acordo com as equações propostas por Paziani et al. (2006). A determinação das PG (%MS) foi calculada pela diferença de peso da massa de forragem no momento da ensilagem e da abertura e seus respectivos teores de MS:  $G = (Pfe - Pab)/(MFfe \times MSfe) \times 100$

Em que: Pfe = peso do silo experimental cheio no fechamento (kg); Pab = peso do silo experimental cheio na abertura (kg); MFfe = massa de forragem no fechamento (kg); MSfe = teor de MS da forragem no fechamento (% MS).

O índice de RMS (%) foi adquirido através do peso obtido pela massa de forragem nos momentos da ensilagem e da abertura e seus respectivos teores de MS:  $RMS = (MFab \times MSab)/(MFfe \times MSfe) \times 100$

Em que: MFab = massa de forragem na abertura (kg); MSab = teor de MS da forragem na abertura (%); MFfe = massa de forragem no fechamento (kg); MSfe = teor de MS da forragem no fechamento (%).

A determinação das perdas totais de MS (PMS) foi calculada pela diferença entre o peso bruto de MS inicial e final dos SE, em relação à quantidade de forragem ensilada. Descontou-se o peso do silo experimental na ensilagem e na abertura, conforme equação descrita por Schmidt (2006):  $PMS = (MSi - MSf) \times 100/MSi$

Onde: MSi = quantidade de MS inicial; peso do silo experimental após o enchimento - peso do conjunto vazio (tara seca) x teor de MS da forragem na ensilagem. MSf = quantidade de MS final; peso do silo experimental cheio antes da abertura - peso do conjunto vazio (tara úmida) x teor de MS da forragem na abertura.

A composição químico-bromatológica do sorgo antes da ensilagem *in natura* e das silagens foram obtidas de acordo com técnicas descritas por AOAC (1990) para MS, matéria mineral (MM), matéria

orgânica (MO), proteína bruta (PB) e extrato etéreo (EE), sendo que para EE houve uma adaptação, consistindo na pesagem de 2 g de amostra em cartuchos de papel filtro, posteriormente colocados em tubos com 170 ml de éter etílico. A extração foi realizada com a amostra mergulhada no éter por quatro horas a 50° C. Logo após o processo, os cartuchos foram retirados e levados em estufa a 105 °C, por doze horas, e pesados para a obtenção do EE.

Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas de acordo com Van Soest et al. (1991). Os valores de FDN corrigido para cinzas (FDNc) foram estimados a partir da fórmula  $FDNc = FDN - CFDN$  (cinzas da FDN), e os valores da MO a partir da fórmula:  $MO = 100 - MM$ .

Os teores de compostos nitrogenados insolúveis em detergente ácido (NIDA) foram estimados nos resíduos obtidos após extração das amostras no detergente ácido, respectivamente (Van Soest et al., 1991), por intermédio do procedimento micro Kjeldahl (AOAC, 1990).

A correção da FDN para cinzas e da FDA para os compostos nitrogenados e a estimação dos conteúdos de proteína insolúvel no detergente ácido (PIDA) foram feitas conforme Licitra et al. (1996). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade da matéria seca (DMS) foram estimados conforme Rodrigues (2010), pelas equações:  $NDT = 87,84 - (0,7 \times \% FDA)$  e  $DMS = 88,9 - (0,779 \times \% FDA)$ . Na Tabela 1 está descrita a composição químico-bromatológica da planta inteira de sorgo e dos tratamentos com ureia antes da ensilagem.

Os dados da estabilidade aeróbia foram submetidos à análise descritiva e as médias da composição química-bromatológica foram analisadas por meio do programa computacional SAS (Statistical Analysis System). As médias foram submetidas à análise de variância através do PROC GLM (General Linear Models), onde foram testados os contrastes linear e quadrático, considerando a probabilidade de 5% ( $p < 0,05$ ) como nível de significância estatística.

## Resultados e discussão

As análises químico-bromatológicas das silagens com níveis de ureia expostas a 0h estão apresentadas na Tabela 2.

**Tabela 1** - Composição químico-bromatológica da planta do sorgo inteira e dos tratamentos com níveis de ureia

Variável (%)	Sorgo	Nível de ureia (% da matéria seca)				
		0	0,5	1,5	2,5	3,5
Matéria seca	29,0	30,1	29,2	32,5	30,4	30,4
Matéria mineral	3,3	3,3	3,8	3,7	3,8	3,9
Matéria orgânica	96,6	95,6	96,2	96,3	96,2	96,1
Fibra em detergente neutro	59,0	59,5	59,5	58,9	57,3	60,5
Fibra em detergente ácido	38,5	38,5	36,9	34,4	33,1	32,6
NIDA	0,8	0,8	1,1	1,1	0,8	1,2
PIDA	5,2	5,2	6,9	6,7	5,3	7,5
Proteína bruta	5,8	5,8	3,4	7,7	6,9	7,7
Extrato etéreo	5,7	5,8	7,5	7,0	7,0	5,8
Nutrientes digestíveis totais	60,9	62,0	64,8	63,8	64,7	65,1
Digestibilidade da matéria seca	59,0	60,2	63,3	62,1	63,2	63,5

Nota: NIDA = compostos nitrogenados insolúveis no detergente ácido; PIDA = proteína insolúvel no detergente ácido.

**Tabela 2** - Composição químico-bromatológica das silagens de sorgo com adição de níveis de ureia no tempo 0 horas com 100 dias de fermentação

Variável	Nível de ureia (% da matéria natural)					EPM	Efeito	
	0	0,5	1,5	2,5	3,5		L	Q
MS	33,1	30,2	31,5	28,4	30,7	9,95	0,04	0,11
MM	3,9	3,5	3,9	3,7	3,9	0,13	0,80	0,16
MO	96,0	96,4	96,0	96,2	96,0	0,13	0,80	0,16
PB	4,3	5,0	5,6	7,2	7,5	0,63	<0,001	0,89
EE	5,1	6,1	5,3	4,0	4,0	0,61	0,02	0,49
FDN	57,2	63,8	64,4	65,4	61,7	1,99	0,11	0,01
FDA	39,0	38,0	37,8	39,5	36,5	0,96	0,26	0,58
NDT	60,4	61,1	61,3	60,1	62,2	0,67	0,26	0,58
N-NH <sub>3</sub> /NT	8,5	7,9	9,2	8,3	7,3	1,49	0,67	0,61
DMS	58,4	59,2	59,4	58,0	60,3	0,75	0,26	0,58
PIDA	5,9	5,5	5,5	5,2	5,3	0,23	0,03	0,39
NIDA	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,03	0,03	0,39

Nota: EPM = erro padrão da média; L = linear; Q = quadrático; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; NDT = nutrientes digestíveis totais; N-NH<sub>3</sub>/NT = nitrogênio amoniacal; DMS = digestibilidade da matéria seca; PIDA = proteína insolúvel no detergente ácido; NIDA = compostos nitrogenados insolúveis no detergente ácido.

Os teores de MS nas silagens com 0h de exposição apresentaram efeito linear ( $p < 0,05$ ), sendo o maior valor observado no tratamento controle (33,1%) e o menor nas silagens com adição de 2,5% de ureia, com teor de 28,4%. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por Fernandes et al. (2009), que observaram que silagens de sorgo com adição de ureia apresentaram efeito quadrático ( $p > 0,05$ ) com um ponto mínimo de 5,7% de ureia, correspondendo a 21,9% de MS.

As MM e MO não se diferenciaram entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ) no tempo de 0h de exposição. Santos (2018) observou efeito oposto, onde silagens de sorgo aditivadas com ureia e inoculantes e aditivadas apenas com ureia apresentaram maiores teores de MM, e as silagens com inoculante foram semelhantes às com adição de ureia. Segundo o autor, os teores de MM apresentaram efeito linear ( $p < 0,05$ ) à medida que os silos foram abertos nos diferentes tempos em que estavam sendo expostas ao ar.

Em relação aos teores de NDT,  $N-NH_3/NT$  e DMS, não houve diferença ( $p > 0,05$ ) com a adição de ureia e o tempo de 0h de exposição aeróbia. No entanto os teores de  $N-NH_3/NT$  estavam elevados, com valor de 9,2% no tratamento com adição de 1,5% de ureia. Segundo Kung Jr et al. (2018), porém, esses teores elevados estavam dentro do permitido, pois o  $N-NH_3/NT$  deve ser inferior a 10%, demonstrando que houve baixa degradação de proteína e que o processo de fermentação ocorreu de forma adequada.

Os teores de PB diferenciaram estatisticamente, apresentando efeito linear crescente ( $p < 0,05$ ) com a adição de ureia. No tempo de 0h, a silagem com 3,5% de ureia apresentou o maior teor de PB (7,5%). De acordo com Araújo (2017), esse resultado já é esperado, uma vez que a ureia, pelo fato de ser constituída de nitrogênio não proteico, possibilita o incremento dos teores de PB em forragens conservadas. Assim, é possível que tenha ocorrido retenção de nitrogênio na silagem através da atividade ureolítica e, conseqüentemente, retenção dos níveis de proteína na massa ensilada. Fernandes et al. (2009) observaram que as doses de ureia na silagem de sorgo em dois tipos de armazenamento tiveram efeito linear positivo ( $p < 0,05$ ) nos teores de PB, que foram bastante elevados, relacionando o resultado principalmente ao nitrogênio não proteico, oriundo da ureia residual, onde essa ureia adicionada pode ser recuperada tanto como amônia quanto como ureia.

Para os teores de EE, PIDA e NIDA houve efeito linear ( $p < 0,05$ ). Dessa forma, à medida que houve aumento dos níveis de ureia, observou-se redução de EE, apresentando teores dentro do recomendado, até 6% de acordo com Kozloski (2002). Efeito contrário foi observado por Araújo (2017), com o EE não apresentando efeito significativo para silagens de sorgo com adição de ureia e os tempos de aerobiose. Em relação ao PIDA e NIDA, houve uma discreta redução nos teores, semelhante ao que foi observado por Araújo (2017). À medida em que os níveis de ureia em silagens de sorgo aumentaram, houve redução nos teores de PIDA e NIDA em relação aos níveis do aditivo e à exposição aeróbia.

Os teores de FDN apresentaram resposta quadrática ( $p < 0,05$ ). A adição de ureia promoveu efeito negativo em relação à FDN, com um aumento destacado principalmente no tratamento que teve 2,5% de ureia adicionada. Esses teores encontrados estão acima dos valores recomendados pela literatura. Segundo Costa et al. (2016), o teor de FDN deve variar de 50 a 60%, pois teores acima de 60% podem influenciar na digestibilidade e consumo da silagem, devido à FDN estar relacionada com a taxa de ingestão da forragem pelos animais.

Os valores de FDA não diferiram entre os tratamentos ( $p > 0,05$ ). De acordo com Silva et al. (2021), a FDA é inversamente proporcional à digestão da forragem, pois quanto maior a quantidade de FDA na silagem, menor o valor nutricional, podendo concluir que há maior participação do colmo da planta na massa ensilada. Os resultados do presente estudo corroboram os de Pereira et al. (2008), que não observaram diferença nos teores de FDA das silagens de sorgo tratadas com ureia e  $CaCO_3$  e a silagem controle. De acordo com os autores, provavelmente o nitrogênio adicional fornecido pela ureia e o cálcio do  $CaCO_3$  não favoreceram o metabolismo das bactérias fibrolíticas.

Os níveis de ureia apresentaram efeito linear ( $p < 0,05$ ) nos teores de PMS e RMS (Tabela 3). Os valores de PMS variaram entre 7,2 e 26,1%, resultados estes que diferem de Araújo (2017), que observou que a adição de ureia não influenciou ( $p > 0,05$ ) na perda de MS, pelo fato de o material ter sido ensilado no momento em que o sorgo apresentava adequados teores de MS. Todavia, em relação à RMS, os resultados corroboram os dados de Araújo (2017), onde a silagem apresentou efeito significativo ( $p < 0,05$ ) quando 7 g/kg de ureia foram

acrescidos à silagem de sorgo, apresentando uma máxima RMS de 895,19 g/kg.

Quanto aos teores de PG, os valores foram abaixo de zero, não observando-se efeito ( $p > 0,05$ ), conforme Tabela 3. Segundo Pacheco et al. (2013), a perda de gases pode estar relacionada à ação dos microrganismos produtores de gás, como as enterobactérias e bactérias clostrídicas, que se desenvolvem em silagens malfermentadas. Araújo (2017) observou efeito oposto, com a adição de ureia em silagens de sorgo promovendo efeito significativo

( $p < 0,05$ ), possivelmente ocorrido devido ao elevado teor proteico adicionado nas silagens. Santos (2018) observou diferença para perda por gases entre as silagens de sorgo aditivadas com ureia e/ou inoculante microbiano, sendo que a silagem de sorgo com ureia apresentou maior perda por gases do que a silagem de sorgo sem aditivo e a silagem de sorgo com inoculante.

As análises químico-bromatológicas das silagens com níveis de ureia expostas a 72h estão descritas na Tabela 4.

**Tabela 3** - Teores médios de perdas de matéria seca (PMS), recuperação de matéria seca (RMS) e perdas de gases de silagens de sorgo (PG) com níveis de ureia

Variável	Nível de ureia (% da matéria seca)					EPM	Efeito	
	0	0,5	1,5	2,5	3,5		L	Q
PMS	7,2	17,7	7,23	26,1	15,8	4,16	0,03	0,07
RMS	93,2	86,1	93,1	79,6	86,3	2,98	0,04	0,52
PG	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,01	0,77	0,42

Nota: EPM = erro padrão da média; L = linear; Q = quadrático.

**Tabela 4** - Composição químico-bromatológica das silagens de sorgo com adição de níveis de ureia no tempo 72 horas com 100 dias de fermentação

Variável	Nível de ureia (% da matéria natural)					EPM	Efeito	
	0	0,5	1,5	2,5	3,5		L	Q
MS	39,7	37,8	35,7	40,2	38,3	1,63	0,94	0,45
MM	4,0	3,7	3,5	3,6	3,6	0,09	0,01	0,01
MO	95,9	95,2	96,9	96,2	96,3	0,27	0,27	0,91
PB	5,9	6,4	6,0	6,4	4,5	1,14	0,44	0,35
EE	10,7	11,0	10,3	9,0	8,7	0,61	0,02	0,49
FDN	63,9	67,9	65,5	65,4	66,3	1,88	0,74	0,60
FDA	28,9	37,6	38,8	38,2	38,1	0,87	0,86	0,98
NDT	60,7	61,4	60,6	61,0	61,1	0,53	0,86	0,98
N-NH <sub>3</sub> /NT	12,4	10,4	7,47	17,9	23,9	7,40	0,19	0,27
DMS	58,8	59,5	58,6	59,0	59,1	0,59	0,86	0,98
PIDA	6,0	5,5	4,8	4,7	5,2	0,25	0,01	0,02
NIDA	0,9	0,8	0,7	0,7	0,8	0,04	0,01	0,02

Nota: EPM = erro padrão da média; L = linear; Q = quadrático; MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; MM = matéria mineral; EE = extrato etéreo; PB = proteína bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido; NDT = nutrientes digestíveis totais; N-NH<sub>3</sub>/NT = nitrogênio amoniacal; DMS = digestibilidade da matéria seca; PIDA = proteína insolúvel no detergente ácido; NIDA = compostos nitrogenados insolúveis no detergente ácido.

Os teores de MS no tempo de 72h não apresentaram efeito ( $p > 0,05$ ). Contudo a MS estava com teores acima do preconizado na literatura para obtenção de uma silagem de boa qualidade, que apresenta teores entre 28 e 35% de MS (McDonald et al., 1991). Após 72h as silagens apresentaram alta contaminação por microrganismos indesejáveis que aceleraram a deterioração do material, afetando o valor nutricional da silagem, com valores de MS variando entre 35,7 e 40,2%, revelando que apesar de não haver resultados significativos estatisticamente, todos os tratamentos estavam acima dos parâmetros de uma boa silagem.

Em relação à MM, houve efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) na adição de ureia e exposição aeróbia de 72h, com os valores variando de 4,0 a 3,5% na silagem sem ureia e silagem com adição de 1,5%, respectivamente. Esse aumento pode ser atribuído à formação de sais orgânicos durante a ensilagem. Santos (2018) observou resultado semelhante, com aumento significativo nos teores de MM para as silagens de sorgo com ureia e inoculante após a exposição no tempo de 48h e redução no tempo de 96h ( $p < 0,05$ ). Já os teores de MO não foram significativos ( $p > 0,05$ ), variando entre 95,9 e 96,3%.

Quanto aos teores de NDT,  $N-NH_3/NT$  e DMS, não houve diferenças ( $p > 0,05$ ) com a adição de ureia e o tempo de 72h de exposição aeróbia. Todavia, os teores de  $N-NH_3$  estavam muito elevados no tratamento com adição de 3,5% de ureia, com o valor de 23,9%. Esse alto teor indica que ocorreu aquecimento excessivo da silagem, gerando perdas de MS e, conseqüentemente, intensa ação dos microrganismos indesejáveis, causando perdas de nutrientes das silagens. Nas silagens com adição de 3,5%, esses altos valores indicaram uma silagem de qualidade insatisfatória, segundo McDonald et al. (1991), pois estava acima do teor indicado de 20%. Esses altos valores, entretanto, confirmam o que já foi observado por outros autores, que a adição de ureia eleva os teores de  $N-NH_3$ , podendo ser justificado pela adição de fonte de amônia (Singh e Pandita, 1983; Hinds et al., 1985; Neiva et al., 1998).

Os teores de PB não diferenciaram significativamente ( $p > 0,05$ ), podendo ter sido influenciados pela acelerada proliferação de leveduras, que ocasionou a deterioração da silagem, sendo necessário descartá-la após as 72h. Efeito oposto foi observado por Araújo (2017): as silagens com níveis de ureia e

períodos de exposição aeróbia apresentaram efeito ( $p < 0,05$ ), com os maiores valores no nível de 20 g/kg de ureia e no tempo de 72h de exposição ao ar.

Para os teores de EE, PIDA e NIDA, houve efeito linear ( $p < 0,05$ ). Dessa forma, à medida que houve aumento dos níveis de ureia, observou-se um aumento discreto de EE, apresentando teores acima do recomendado, até 6% de acordo com Kozloski (2002). Segundo o autor, dietas com teor de lipídeo acima desse valor podem inibir a fermentação e o crescimento microbiano ruminal, com redução de digestibilidade da fibra e na taxa de passagem dos alimentos. Quanto aos teores de PIDA e NIDA, houve uma discreta redução nos teores, como observado nas silagens expostas a 0h.

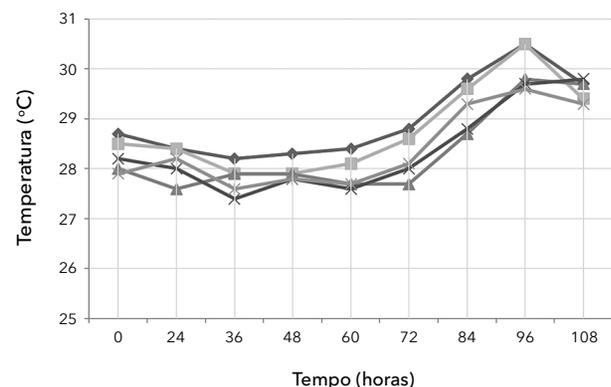
Não houve efeito ( $p > 0,05$ ) para FDN e FDA; ambas as variáveis apresentaram valores acima do proposto por Van Soest (1994), com teores acima de 60% para FDN e acima de 35% para FDA, indicando que apesar de não terem efeito significativo, as silagens expostas ao ar provavelmente afetariam o consumo e a digestibilidade do alimento. No tempo de 72h, as silagens apresentaram deterioração máxima, com aparência clara de leveduras e mofos, indicando que a silagem estava 100% comprometida, não podendo ser fornecida ao consumo.

Segundo Santos et al. (2013), a quebra da estabilidade ocorre quando a silagem apresenta um aumento de temperatura, ao longo do tempo, de 2°C acima da temperatura ambiente. A Figura 1 mostra o tempo necessário para as silagens romperem a barreira da estabilidade. Dessa forma, em relação à temperatura, as silagens mantiveram sua estabilidade até as 108h de exposição, podendo ser consideradas estáveis, uma vez que não ultrapassaram 2°C da temperatura ambiente durante as 108h. Após esse horário, todavia, as silagens apresentaram deterioração elevada, com presença de leveduras, mofos e ação de microrganismos indesejáveis. No entanto, esperava-se que a silagem controle apresentasse menor estabilidade aeróbica em comparação às demais em que houve o uso da ureia, em virtude deste aditivo ser considerado inibidor do processo fermentativo, porém ela se manteve estável assim como as demais.

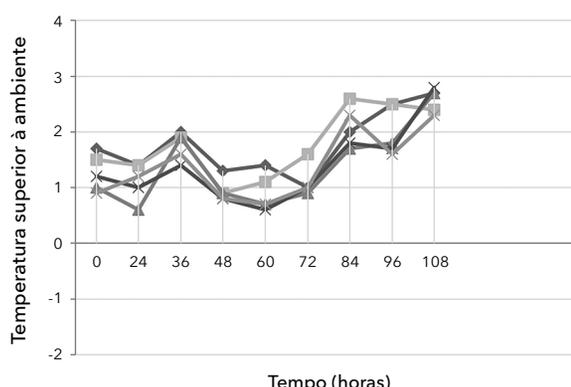
Não foi possível conduzir o experimento até as 156h de exposição, sendo as silagens descartadas. Em seu estudo, Araújo (2017) afirmou que não houve instabilidade na qualidade das silagens de sorgo

tratadas com níveis de ureia ao longo de 72h de exposição, com todas permanecendo estáveis até o final do ensaio de estabilidade.

Quanto ao pH (Figura 2), as silagens apresentaram valores entre 3,52 e 4,55 até as 108h; após esse tempo, as silagens estavam 100% comprometidas e deterioradas e foram descartadas. Segundo

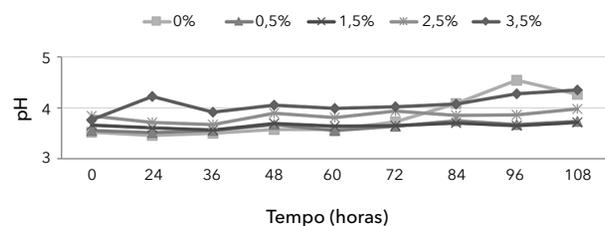


Silva et al. (2021), as leveduras consomem ácidos orgânicos, fazendo com que o pH alcance valores entre 5 e 6, deixando o ambiente propício para o desenvolvimento de outros microrganismos, causando perdas de MS e aumento de temperatura. As silagens com adição de ureia não suportaram exposição aeróbia por mais de 108h.



◆ 0%    ■ 0,5%    ▲ 1,5%    × 2,5%    \* 3,5%

**Figura 1** - Temperatura das silagens de sorgo com níveis de ureia após a abertura dos silos.



**Figura 2** - pH das silagens de sorgo com níveis de ureia após a abertura dos silos.

## Conclusão

A adição de ureia promoveu modificações na composição químico-bromatológica do material, aumentou os teores de proteína bruta e afetou as frações fibrosas. Os teores de MS e nitrogênio amoniacal nas silagens expostas por 72 horas ficaram fora do valor desejado para uma silagem de boa qualidade, sendo inviável ao consumo pelo animal. A ureia nos níveis avaliados não inibiu o crescimento de microrganismos indesejáveis em silagens ex-

postas por 72 horas. Em relação à estabilidade, as silagens permaneceram até 84 horas após a abertura dos silos, tendo que ser descartadas após esse tempo. Diante dos resultados obtidos, não recomenda-se o uso da ureia em silagens de sorgo que precisem ficar expostas por um médio e longo período de tempo.

## Referências

- AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15 ed. vol. 1. Virginia: Arlington; 1990.
- Araújo MLGML. Impacto da ureia no processo fermentativo da silagem de sorgo e o seu uso em dietas para cordeiros [tese]. Salvador: Universidade Federal da Bahia; 2017.
- Avelino PM, Neiva JNM, Araujo VL, Alexandrino E, Bomfim MAD, Restle EJ. Composição bromatológica de sistemas de híbridos de sorgo cultivados em diferentes densidades de plantas. Rev Cienc Agron. 2011;42(1):208-15.

- Bolsen KK, Lin C, Brent BE, Feyerherm AM, Urban JE, Aimutis WR. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silage. *J Dairy Sci.* 1992;75(11):3066-83.
- Cavalcante ACR, Silva GL, Oliveira LEV. Perdas na produção e utilização de silagens. In: Cândido JDC, Furtado RN. *Estoque de forragem para a seca: Produção e utilização de silagem.* Fortaleza: Imprensa Universitária; 2020. p. 122-42.
- Chen Y, Weinberg ZG. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. *J Dairy Sci.* 2014;97(1):406-10.
- Costa RF, Pires DAA, Moura MMA, Sales ECJ, Rodrigues JAS, Rigueira JPS. Agronomic characteristics of sorghum genotypes and nutritional values of silage. *Acta Sci Anim Sci.* 2016; 38(2):127-33.
- Fernandes FEP, Garcia R, Pires AJV, Pereira OG, Carvalho GGP, Olivindo CS. Ensilagem de sorgo forrageiro com adição de ureia em dois períodos de armazenamento. *R Bras Zootec.* 2009;38(11):2111-5.
- Hinds MA, Bolsen KK, Brethour J, Milliken G, Hoover J. Effects of molasses/urea and bacterial inoculant additives on silage quality, dry matter recovery, and feeding value for cattle. *Anim Feed Sci Technol.* 1985;12(3):205-14.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia Estatística. Estimativas da população residente para os municípios e para as unidades da federação. 2018 [acesso 18 jun 2024]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/municipio/150680>.
- Kozloski GV. *Bioquímica dos ruminantes.* Santa Maria: Editora UFSM; 2002. 140 p.
- Kung L Jr, Shaver RD, Grant RJ, Schmidt RJ. Silage review: Interpretation of chemical, microbial, and organoleptic components of silages. *J Dairy Sci.* 2018;101(5):4020-33.
- Licitra G, Hernandez TM, Van Soest PJ. Standardization of procedures for nitrogen fractional of ruminant feeds. *Anim Feed Sci Technol.* 1996;57(4):347-58.
- Marques DEO, Bonfá CS, Magalhães MA, Guimarães CG, Rodrigues RC, et al. Implicação no uso da técnica de realocação de silagens: uma revisão. *Res Soc Develop.* 2022;11(8):e578 11831338.
- Martins MR. Estabilidade e composição bromatológica de silagem de grãos de sorgo em função de reidratação e uso de inoculante [dissertação]. Janaúba: Universidade Estadual de Montes Claros; 2022.
- McDonald P, Henderson AR, Heron SJE. *The biochemistry of silage.* 2 ed. Marlow: Chalcombe; 1991. 340 p.
- Moran JP, Weinberg ZG, Ashbell G, Hen Y, Owen TR. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In: *International Silage Conference; 8-11 Sep 1996, Aberystwyth, UK.* Aberystwyth: University of Wales; 1996. p.162-3.
- Neiva JNM, Garcia R, Valadares Filho SC, Silva JFC, Pires AJV, Pereira OG. Características fermentativas das silagens de milho amonizadas. *R Bras Zootec.* 1998;27(3):474-80.
- Pacheco WF, Carneiro MSS, Pinto AP, Edvan RL, Arruda PCL, Carmo ABR. Perdas fermentativas de silagens de capim-elefante com níveis crescentes de feno de Gliricídia. *Acta Vet Bras.* 2014;8(3):155-62.
- Paziani SF, Nussio LG, Loures DRS, Igarasi MS, Pedroso AF, Mari LJ. Influência do teor de matéria seca e do inoculante bacteriano nas características físicas e químicas da silagem de capim Tanzânia. *Acta Sci Anim Sci.* 2006;28(3):265-71.
- Pereira AS, Shitsuka DM, Parreira FJ, Shitsuka R. *Metodologia da pesquisa científica.* 1 ed. Santa Maria: UAB/NTE/UFSM; 2018.
- Rodrigues RC. *Métodos de análises bromatológicas de alimentos: métodos físicos, químicos e bromatológicos.* Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2010.
- Santos AO, Ávila CL, Schwan RF. Selection of tropical lactic acid bacteria for enhancing the quality of maize silage. *J Dairy Sci.* 2013;96(12):7777-89.
- Santos RIR. *Efeitos da exposição aeróbia e tempo de armazenamento em silagens de milho realocadas [dissertação].* Belém: Universidade Federal Rural da Amazônia; 2018.
- Schmidt P. Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar [tese]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2006.

Silva DJ, Queiroz AC. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos. 3 ed. Viçosa: Editora UFV; 2002. 235 p.

Silva JT, Valentim JK, Monção FP, Pires DAA, Leite GDO, Rocha Jr VR, et al. Aspectos relacionados à silagem de sorgo. *Ensaios Cienc.* 2021;25(5-esp):597-602.

Singh AP, Pandita NN. Studies on fermentation of sorghum silage during storage, and its effect on milch animals. *Anim Feed Sci Technol.* 1983;9(2):143-8.

Van Soest PJ. Nutritional ecology of the ruminant. 2ed. Ithaca: Cornell University Press; 1994. 476 p.

Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci.* 1991;74(10):3583-97.