

SILAGEM DE SORGO CULTIVAR IG100 E XS9454 APÓS A COLHEITA DO GRÃO: PERFIL FERMENTATIVO E ESTABILIDADE AERÓBICA

SORGHUM SILAGE CULTIVATE IG100 AND XS9454 AFTER GRAIN HARVESTING: FERMENTATION PROFILE AND AEROBIC STABILITY

DOI : <https://doi.org/10.31692/2764-3425.v3i1.108>

¹WELDER WILLIAN ÂNGELO DA SILVA

Bacharelado em Zootecnia, UFRPE/UAST, welderwillian12@gmail.com

²ARTHUR LUCAS JULIO SILVA

Bacharelado em Zootecnia, UFRPE/UAST, arthurjulio@outlook.com

³KEYLA LAURA DE LIRA DOS SANTOS

Doutorado, UFRPE/UAST, keyla.santos@ufpe.br

Avaliou-se as características fermentativas e a estabilidade aeróbica da silagem de sorgo granífero após a colheita dos grãos. A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE-UAST), sendo o sorgo plantado na área da Empresa Pernambucana de Pesquisa – IPA. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três tratamentos, sorgo 1G100 adubado com NPK, 1G100 sem adubo e XS9454 com adubo NPK e três repetições. Para a produção da silagem foram utilizadas mini silos experimentais de cano de PVC 0,10 x 0,50 cm e sacolas de 20 L. Após 35 dias, os silos foram abertos e realizadas as seguintes análises: sensoriais (cor, odor e textura); MS, pH, perdas fermentativas e estabilidade aeróbica e submetidos à análise de variância e teste de média. As características sensoriais foram realizadas no momento da abertura dos silos, sendo a cor, odor e textura de todas as silagens caracterizadas entre boa e média. Houve efeito ($P < 0,05$) para o teor de MS e pH da silagem. A perda de gases e MS não diferiram ($P > 0,05$) e foram consideradas adequadas ao padrão processo fermentativo. Após período de 240h (10 dias) de exposição ao ar os valores de pH entre as silagens não se diferiram ($P > 0,05$), apresentando valores de 4,51, 4,40, 4,36 para 1G100 s/adubo, 1G100 c/adubo e XS9454/adubo, respectivamente, porém já era possível visualizar o crescimento de fungos. Conclui-se que as silagens foram classificadas como de boa a média qualidade em termos de teor de matéria seca, características sensoriais e fermentação. Nenhuma das silagens apresentou deterioração completa durante o período de estabilidade aeróbica de 240 horas observadas, mantendo-se, grandes partes estáveis ao longo desse período, o que permite melhor utilização da silagem.

Palavras-Chave: conservação. ensilagem. fermentação.

RESUMEN

Las características fermentativas y la estabilidad aeróbica del ensilaje de sorgo en grano se evaluaron después de la cosecha de los granos. La investigación se realizó en la Universidad Federal Rural de Pernambuco – Unidad Académica de Serra Talhada (UFRPE-UAST), con el sorgo sembrado en el área de la Empresa Pernambucana de Investigación – IPA. El diseño experimental fue completamente al azar, con tres tratamientos, sorgo 1G100 fertilizado con NPK, 1G100 sin fertilizante y XS9454 con fertilizante NPK y tres repeticiones. Para la producción de ensilaje se utilizaron mini silos experimentales fabricados con tubería de PVC de 0,10 x 0,50 cm y bolsas de 20 L. Luego de 35 días, se abrieron los silos y se realizaron los siguientes análisis: sensorial (color, olor y textura); MS, pH, pérdidas fermentativas y estabilidad aeróbica y sometidos a análisis de varianza y prueba de medias. Las características sensoriales se realizaron al momento de abrir los silos, caracterizándose el color, olor y textura de

todos los ensilajes como buenos a promedio. Hubo efecto ($P < 0.05$) para el contenido de MS y pH del ensilaje. La pérdida de gas y la MS no difirieron ($P > 0.05$) y se consideraron adecuadas para el proceso de fermentación estándar. Luego de un período de 240h (10 días) de exposición al aire, los valores de pH entre los ensilajes no difirieron ($P > 0.05$), presentando valores de 4.51, 4.40, 4.36 para 1G100 c/fertilizante, 1G100 c/ fertilizante y XS9454/fertilizante, respectivamente, pero ya era posible visualizar el crecimiento de hongos. Se concluye que los ensilajes fueron clasificados como de calidad buena a media en cuanto a contenido de materia seca, características sensoriales y fermentación. Ninguno de los ensilajes mostró deterioro completo durante el período de estabilidad aeróbica de 240 horas observado, permaneciendo grandes partes estables durante todo este período, lo que permite un mejor aprovechamiento del ensilaje.

Palabras Clave: Conservación, ensilaje, fermentación.

ABSTRACT

The fermentative characteristics and aerobic stability of grain sorghum silage were evaluated after harvesting the grains. The research was carried out at the Federal Rural University of Pernambuco – Academic Unit of Serra Talhada (UFRPE-UAST), with the sorghum planted in the area of the Pernambucana Research Company – IPA. The experimental design was completely randomized, with three treatments, sorghum 1G100 fertilized with NPK, 1G100 without fertilizer and XS9454 with NPK fertilizer and three replications. For the production of silage, experimental mini silos made of 0.10 x 0.50 cm PVC pipe and 20 L bags were used. After 35 days, the silos were opened and the following analyzes were carried out: sensory (color, odor and texture); DM, pH, fermentative losses and aerobic stability and subjected to analysis of variance and mean test. Sensory characteristics were carried out at the time

of opening the silos, with the color, odor and texture of all silages being characterized as good to average. There was an effect ($P < 0.05$) for the DM content and pH of the silage. Gas loss and DM did not differ ($P > 0.05$) and were considered adequate for the standard fermentation process. After a period of 240h (10 days) of exposure to air, the pH values between the silages did not differ ($P > 0.05$), presenting values of 4.51, 4.40, 4.36 for 1G100 w/fertilizer, 1G100 w/fertilizer and XS9454/fertilizer, respectively, but it was already possible to visualize the growth of fungi. It is concluded that the silages were classified as good to medium quality in terms of dry matter content, sensory characteristics and fermentation. None of the silages showed complete deterioration during the 240-hour aerobic stability period observed, with large parts remaining stable throughout this period, which allows better use of the silage.

Keywords: Conservation, ensiling, fermentation.

INTRODUÇÃO

O semiárido Nordeste tem como vocação a produção de ruminantes, como bovinos, caprinos e ovinos, devido à escassez de água e má distribuição das chuvas ao longo do ano na região. Contudo, existem algumas limitações para a produção dessas espécies, sendo uma dessas a baixa eficiência no manejo alimentar, que provém da escassez de forragem durante o período seco (MAGALHÃES, 2021).

Em virtude da sazonalidade das chuvas, a produção de culturas forrageiras dependem de sistemas de irrigações para máxima produção, o que é inviável para a maior parte da região semiárida (PAULA et al., 2021). No entanto, como forma de tentar contornar essa situação realiza-se, normalmente, a conservação de volumosos na época chuvosa para utilização na época seca na alimentação dos animais.

Dentre os métodos de conservação de forragem encontra-se a ensilagem, sendo ela uma técnica bastante oportuna para a região que sofre justamente com a sazonalidade das chuvas, uma vez que, nesse método é possível conservar também a água do alimento (MAGALHÃES,

2014).

De acordo com Novaes et al. (2004) a silagem é um produto resultante do processo de anaerobiose, ou seja, ocorre a fermentação na ausência de oxigênio, que conserva o material verde vegetal por meio da acidificação. Nesse processo, existe a preservação de grande quantidade de matéria seca, energia e nutrientes da forragem, a depender de alguns fatores durante o processo.

Para a produção de silagem, é necessário que a espécie forrageira apresente uma produção elevada de massa por unidade de área, e que seja de alta qualidade nutritiva e tenha boa aceitação pelos animais (PIMENTEL, 1998 apud SANTOS et al., 2017).

O sorgo, se destaca entre as espécies forrageiras que podem ser ensiladas, isso se dá por conta desta espécie possuir um grande valor nutritivo, apresentando alta concentração de carboidratos solúveis essenciais para adequada fermentação láctica, assim como, possui também um alto rendimento de matéria seca por unidade de área (NEUMANN et al., 2002).

No Brasil, o uso da silagem do sorgo vem aumentando cada vez mais, tendo as regiões áridas e semiáridas como destaque desse uso, isso se dá pelo fato dessa cultura apresentar uma boa resistência ao estresse hídrico (SOUZA et al., 2003).

Assim, buscou-se avaliar a qualidade fermentativa e a estabilidade aeróbica da silagem de híbridos de sorgo graníferos, resistentes à seca, após a colheita dos grãos como alternativa alimentar para alimentação animal e convivência com o semiárido.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) é uma planta herbácea monocotiledônea pertencente à família das gramíneas, originária da África.

A faixa de temperatura ideal para seu crescimento e desenvolvimento se dá entre 33 a 35°C graus, onde suas temperaturas limites máxima e mínima, ou seja, que podem ocasionar queda na produtividade são 38 e 16°C graus (TABOSA et al., 2019; DUARTE, 2021). Adaptando-se ao clima quente, do semiárido Nordeste.

Os valores de matéria seca (MS) e de carboidratos solúveis (CHO) do *Sorghum bicolor* [L.] Moench variam de acordo com as cultivares utilizadas, Rocha Jr et al. (1999) avaliando sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem encontraram teores de MS variando entre 24,8 e 34,3% no material original, já os valores de carboidratos solúveis variaram de 4,0 a 17,2%. Neto et al. (2004) encontrou valores de MS que variando de 24,72 e 31,43%, enquanto que a porcentagem de carboidratos solúveis na MS oscilaram entre

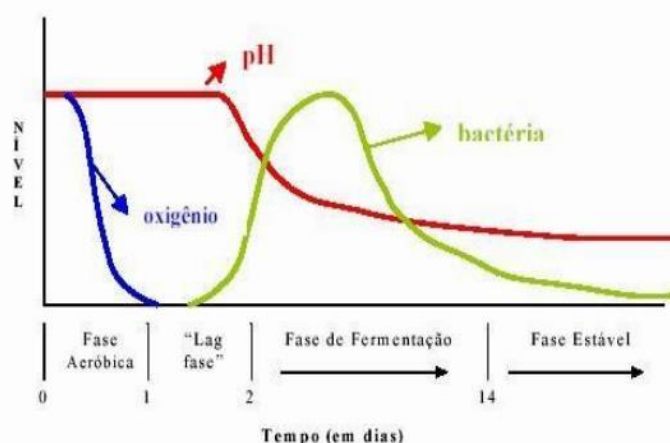
12,24 e 19,80% entre cinco híbridos de *Sorghum bicolor* (L.) Moench.

Segundo McDonald et al. (1991) citado por Magalhães (2014) afirmam que o percentual de carboidratos solúveis, poder tampão reduzido (facilita a variação de pH durante o processo de fermentação da silagem) e a porcentagem de MS são características reconhecidas como fundamentais para se obter padrões desejáveis de fermentação e conservação de forragem quando utilizado o método da ensilagem.

FASES DO PROCESSO DE FERMENTAÇÃO

A fermentação no processo da ensilagem passa por algumas fases até que se obtenha a silagem propriamente dita, sendo as principais: aeróbica, anaeróbica, de estabilização e de descarga (PAULA et al., 2021), Figura 1.

Figura 1- Fases do processamento de fermentação da silagem durante armazenamento no silo



Fonte: Pitty e Sniffen (1985) citado por Guim e Dubeux Júnior (2001)

Fase I (fase aeróbica) - acontece durante o processo de enchimento do silo e estende-se até poucas horas após seu fechamento, nesta fase a própria planta utiliza ainda do oxigênio presente no ambiente, pois ela continua com seu processo de respiração até algum tempo após seu corte, assim como, microrganismo aeróbicos e anaeróbicos facultativos também utilizam do oxigênio para sua proliferação. Contudo, é uma fase fermentativa considerada indesejada,

portanto é necessária que ela tenha uma breve duração.

Fase II (“Lagfase ou de proliferação de bactérias”) - a fase anaeróbica envolve a ação dos microrganismos anaeróbicos após o esgotamento do oxigênio do material ensilado, esses por sua vez começam a crescer quantitativamente. Durante esse processo que varia entre 24 a 72h, ocorrerá a formação de ácidos orgânicos como ácido acético, ácido lático e outros, decorrentes da fermentação das hexoses (glicose e frutose) e pentoses (xilose e ribose), consequentemente através da produção desses ácidos ocorre a redução do pH do material ensilado.

Fase III (Fermentação) – as bactérias lácticas se multiplicam rapidamente, convertendo o açúcar principalmente a ácido lático, que se acumula e reduz o pH abaixo de 4,5, ocasionando a estabilidade do pH.

Fase IV (Fase estável) - na fase de estabilidade ocorre uma redução na atividade biológica dos microrganismos resultando em um pH permanente de 3,8 e 4,2, desde que não ocorra nenhuma penetração de oxigênio na massa ensilada.

A fase de descarga se inicia quando a massa ensilada entra em contato com oxigênio após a abertura do silo, dessa forma favorecendo crescimento e desenvolvimento de leveduras, bolores e outros microrganismos, ocasionando assim a degradação da silagem e consequentemente a qualidade do material (PAULA et al., 2021; SURGE et al., 2010; PEREIRA et al., 2008).

O ciclo fermentativo de uma silagem se completa aos 21 dias, quando os processos fermentativos já ocorreram e a silagem se encontra estabilizada, podendo o silo ser aberto e a silagem consumida (CLEMENTE, 2021).

FORMAS DE AVALIAR A QUALIDADE DA SILAGEM

Existem alguns parâmetros importantes quando buscado avaliar a qualidade das silagens, entre eles estão: determinação do pH; MS; temperatura; perdas durante a fermentação e estabilidade aeróbica.

Segundo Jobim et al. (2007) a avaliação do valor de pH em silagens era tida como um indicador crucial da qualidade da fermentação, permitindo a classificação das silagens com base nesse parâmetro. Contudo, nos dias de hoje, é necessário levar em consideração o tipo material ao utilizar essa variável para inferir a qualidade da fermentação. Isso se deve ao fato de que silagens provenientes de materiais com baixo teor de umidade, como a silagem de forragem emurchecida, de leguminosas, frequentemente exibem valores de pH superiores a 4,2. Este valor costumava ser o limite para classificar uma silagem como de qualidade inferior.

Porém, de acordo com Santos et al. (2010) o pH ainda está entre os parâmetros que determinam a qualidade da fermentação, onde os níveis de pH estão intimamente ligados às concentrações de carboidratos solúveis presentes na forragem a ser ensilada. Isso se deve ao fato de que esses carboidratos desempenham um papel fundamental na produção de ácidos orgânicos, especialmente o ácido lático, que desempenha um papel crucial na obtenção de uma silagem de alta qualidade.

De acordo com Oliveira e Oliveira (2014) o conhecimento sobre o teor de MS do material a ser ensilado é fundamental, pois implica na compactação e fermentação. Segundo os mesmos autores, os teores de MS adequados variam entre 30 a 35%. Junior (2011) afirma que baixos teores de matéria seca diminuem a produção de matéria seca da silagem, propiciam fermentações indesejáveis, aumentam as perdas de nutrientes por lixiviação e reduzem a ingestão pelos animais, enquanto valores mais altos podem causar problemas na compactação.

O percentual de MS da silagem é importante também, pois o conhecimento da ingestão de nutrientes no alimento se dá por meio deste percentual, além disso é sabido que a redução do teor de fibra na forragem aumenta a disponibilidade de carboidratos solúveis, os quais são prontamente convertidos em energia pelo animal. Por outro lado, elevados níveis de FDN resultam em menores concentrações de carboidratos solúveis e reduzem a ingestão de matéria seca (PASTOR, 2022).

Quando avaliado a temperatura, alguns autores defendem que ela tem ligação direta com a oxidação da matéria seca. O aumento da temperatura ocorre porque está relacionada à oxidação de ácidos orgânicos e carboidratos solúveis em água. Portanto, a geração de calor na silagem é um sinal de que o processo de deterioração aeróbica está começando, o que resultará na perda de matéria seca e nutrientes devido à oxidação do material (BIAGGIONI et al., 2009; GUIMARÃES, 2019).

Durante a fermentação da massa ensilada acontecem perdas nutritivas do material decorrente a perdas como de MS, por efluente e por gases, sendo essas as principais segundo Jobim et al. (2007). Essas perdas ocorrem devido a alguns processos como a compactação inadequada do material, a colheita da massa forrageira em um estágio não ideal e uma má vedação, dessa forma, influenciando diretamente na fermentação, podendo facilitar o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis e a formação de produtos não desejados.

A perda de MS está intimamente ligada ao processo de colheita e ao procedimento de picagem, dessa maneira, é crucial que o material destinado à ensilagem seja colhido com o teor de matéria seca adequado, a fim de garantir uma compactação e fermentação apropriadas. As

perdas por efluentes está relacionado com o teor de matéria seca. A presença de umidade gera um aumento na produção de efluente, e o processo de ensilagem, incluindo fatores como a forma de colheita, o processamento e o estágio de maturação da planta, entre outros, desempenha um papel na geração desse efluente (RAMOS et al., 2021).

O efluente gerado na ensilagem contém compostos orgânicos, compreendendo açúcares, ácidos orgânicos e proteínas, o que representa uma perda nutricional tanto para o processo de preservação quanto para a qualidade da silagem. Já as perdas por gases estão associadas ao tipo de fermentação que ocorre na ensilagem. Em silagens mal preservadas, a um aumento na presença de microrganismos que geram gases, tais como as enterobactérias e as bactérias clostrídicas, aumentando dessa forma a perda por gases (ANDRADE et al., 2010; JOBIM et al., 2007).

O conceito de estabilidade aeróbia se refere ao período requerido para observar alterações mensuráveis na temperatura, e esse período pode variar significativamente, indo de poucas horas a várias semanas. A partir desse princípio, a estabilidade aeróbia pode ser determinada pelo período de tempo necessário para que a massa ensilada eleve sua temperatura em 2 °C em relação à temperatura ambiente. Junto com a temperatura, a concentração de carboidratos solúveis, a população de fungos e a concentração de ácidos orgânicos, em interação com o pH, representam os principais parâmetros que influenciam a estabilidade das silagens (PITT et al., 1991).

Contudo, os fungos não são os únicos microrganismos que colaboram para a deterioração da silagem, de acordo com a pesquisa de Bernardes et al. (2005), a deterioração aeróbia em silagens de capins tropicais é predominantemente associada a bactérias aeróbias, em contrapartida a fungos e leveduras. Isso ocorre devido à alta umidade, baixa acidez e escassa disponibilidade de nutrientes na massa ensilada.

METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida na Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE-UAST), no período de 19 de agosto a 30 de setembro de 2022, por alunos da disciplina de Bioquímica do 4º período de Zootecnia. Trata-se de uma pesquisa do tipo qualitativa, quantitativa e pesquisa ação.

O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizados, com três tratamentos, variedades de sorgo granífero IG100 com e sem adubação (NPK) e XS9454 com adubação (NPK) e três repetições, totalizando 9 amostras.

O sorgo foi semeado no dia 28 de março de 2022 em uma área de 1,6 hectares, pertencente a Empresa Pernambucana de Pesquisa – IPA, localizado em Serra Talhada. O espaçamento utilizado foi de 0,7 m entre linhas com 15 plantas por metro linear. Os grãos foram colhidos de forma mecanizada, em 15 de agosto de 2022, com 138 dias, porém a coleta das amostras para ensilagem ocorreu aos 142 dias, ou seja, após colheita dos grãos, com a finalidade de aproveitar a matéria verde excedente, como alternativa na alimentação de ruminantes que vivem em condições climáticas adversas na região semiárida. As variedades do sorgo utilizado são de porte baixo, com altura de 1,15m; colmo vigoroso e tolerante a tombamento; raiz extensa e profunda; panícula semiaberta; grão de cor castanho-escuro, sem tanino; ciclo precoce e resiste à seca.

Para a ensilagem o sorgo foi coletado de forma manual, em zigue-zague, de forma aleatória a 30 cm do solo. Acondicionados em sacos de náilon, transportados até fábrica de ração da UAST e imediatamente foi picado com o auxílio de uma máquina forrageira. Com a redução das partículas, o material foi homogeneizado e ensilado.

Foram utilizadas mini silos experimentais de cano de PVC medindo 10,0 cm de diâmetro e 50,0 cm de comprimento e sacolas pretas reforçadas de 20 L, respectivamente para as amostras de sorgo IG100 com e sem adubo e sorgo XS9454. Cada silo foi devidamente identificado, pesado e armazenado à sombra, por um período de 35 dias.

Antes da ensilagem, realizou-se a coleta de amostras do sorgo já triturado para determinação da pré-secagem e matéria seca (MS) do material verde, antes de ensilar, conforme metodologia descrita por Silva e Queiroz (2002).

Após o período de armazenamento, os silos foram abertos, desprezados as camadas iniciais, aferido a temperatura e coletadas amostras para determinação de pH, matéria seca da silagem.

O pH da silagem foi obtido, pesando-se 9 gramas da silagem em um becker e adicionado 60 ml de água destilada, deixada em repouso por 30 minutos, e após esse período aferido o valor de pH com o auxílio de um pHmetro (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Para pré-secagem da silagem dos sorgos foram realizadas duas repetições de cada silagem, acondicionadas em recipientes de alumínio e colocadas em estufa de ventilação forçada de ar a 55 °C por 72 horas, a MS foi obtida pela diferença do peso entre o material pré-seco e o material totalmente seco após serem colocadas em estufa de circulação forçada de ar a 100 °C por 24 horas (SILVA; QUEIROZ, 2002).

Para avaliação da perda de matéria seca e perdas gasosas decorrente do processo de

fermentação da silagem, os silos foram pesados antes e logo após a ensilagem e ao final do armazenamento, conforme metodologia descrita por Schimdt (2006), sendo:

A perda de MS calculada através da fórmula:

$$PMS = \left(\frac{MSi - MSf}{MSi} \right) \times 100$$

Onde:

MSI - peso matéria seca inicial

MSF- peso matéria seca final

A determinação da perda gasosa foi realizada através da fórmula:

$$PG = \left[\frac{(PSI - PSF)}{MSI} \right] \cdot 1000$$

Onde:

PG = perdas por gases (% MS), PSI = peso do silo no momento da ensilagem (kg), PSF = peso do silo no momento da abertura (kg), MSI = matéria seca ensilada (quantidade de forragem em kg x %MS).

A produção de gás durante a ensilagem interfere diretamente na perda de matéria seca, pois a perda de carboidratos solúveis na forma gasosa leva à produção de água, reduzindo o teor de matéria seca e promovendo assim sua perda (RAMOS et al., 2021).

A análise sensorial da silagem foi realizada por três avaliadores, que avaliaram as características de cor, odor e textura da silagem, conforme descrito por Dubeux Júnior e Guim (2001), para classificar se a silagem é boa, média ou ruim (Tabela 1).

Tabela 1-Parâmetros para avaliação prática da qualidade da silagem

Parâmetros	Boa	Média	Ruim
Cor	Verde amarelada	Verde oliva	Escura
Odor	Agradável (frutas)	Vinagre (ácido acético)	Estragada (em decomposição)
Textura	Firme	Pouca umidade	Molda na mão
MS	32 a 35%	25 a 30%	<25% ou >50%
pH	3,8 – 4,2	4,5 – 5,0	> 5,0

Fonte: Adaptado Dubeux Júnior e Guim (2001)

Para avaliação da estabilidade aeróbica da silagem foi pesado 1kg da amostra, colocada em recipientes de plásticos, com capacidade de 2 litros e aferida a temperatura do ambiente e

do silo a cada 6 horas durante 10 dias. As amostras foram distribuídas em uma mesa de forma aleatória, em triplicata, e em sala climatizada. Foi usado o critério definido por Driehuis et al. (2001) apud Jobim et al. (2007), onde é observada a quebra da estabilidade quando a temperatura da silagem ultrapassar a temperatura do ambiente em 2 °C.

Os dados foram tabulados e submetidos a análise de variância e teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa estatístico SAS (2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No que se refere a avaliação sensorial, cor, odor e textura, todas as silagens foram classificadas entre boa e média (Tabela 2). Tais características indicam que houve uma fermentação adequada durante o processo de ensilagem, seja durante a compactação, vedação e forragem utilizada na ensilagem.

Tabela 2- Avaliação sensorial das silagens de cultivares de sorgo

Silagem	Características Sensoriais		
	Cor	Odor	Textura
Sorgo 1G100 s/adubo	Verde Oliva/ Amarelada	Vinagre/ Agradável	Pouca umidade/Firme
Sorgo 1G100 c/adubo	Verde Oliva/ Amarelada	Vinagre/ Agradável	Firme
Sorgo XS9454 c/adubo	Verde Oliva/ Amarelada	Agradável	Firme

Fonte: Própria (2023)

A forragem deve apresentar entre 26 a 32% de matéria seca e 6 a 16% de carboidratos para uma adequada fermentação, levando a produção de láctico em detrimento da produção de ácido butírico (MAGALHÃES, 2014).

São consideradas impróprias para o consumo do animal, as silagens com a cor escura, odor de estragado e textura úmida, que molda na mão. Silagens que possuem determinadas características ruins, possivelmente devido a microrganismos indesejáveis decorrentes de possíveis erros no processo da ensilagem ou no armazenamento podem ocasionar aflatoxicose, micotoxicose, distúrbios nervosos e metabólicos, enfermidades da mama, síndromes hemorrágicas, e entre outros distúrbios (VILELA; VEIGA, 2003).

Conforme Vitória et al. (2016) a avaliação visual da silagem é uma forma rápida e prática de avaliar a qualidade da silagem.

Os teores de MS diferiram ($P < 0,05$) entre as silagens, sendo a silagem de sorgo 1G100 com adubo a que apresentou maior percentual de MS (33,32%), seguido da XS9454 com adubo

(30,32%) e 1G100 sem adubo (28,87%), Tabela 3. Os valores de MS das silagens são considerados bons quando estão entre 30 a 35% e médio entre 25 a 30% (DUBEUX JÚNIOR; GUIM, 2001). Estes resultados estão próximos aos encontrados por Evangelista et al. (2005), para a silagem de sorgo, com teor de 31% de MS.

Tabela 3- Valores médios de matéria seca (% MS), perdas de matéria seca e perda gasosa das silagens de cultivares de sorgo com e sem adubo

Variáveis	Silagem de sorgo			CV (%)
	1G100 s/adubo	1G100 c/adubo	XS9454 c/adubo	
% Matéria Seca	28,87±0,51c	33,32±0,05 a	30,32±0,55 b	1,40
Perda de MS (%)	4,80±2,23a	6,77±1,07 a	9,05 ±0,07 a	23,77
Perda de Gases (%MS)	1,85±1,06 a	2,27±0,37 a	2,45 ±0,07a	27,05

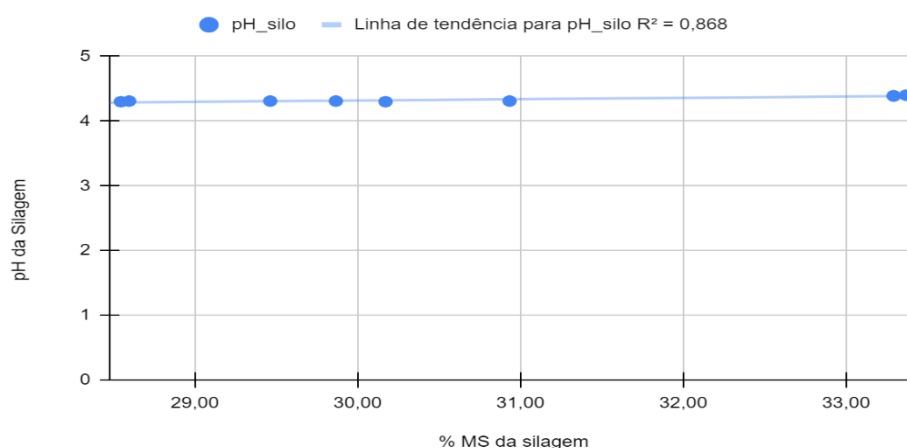
* Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente pelo Tukey a 5%; ** CV, coeficiente de variação.

Fonte: Própria (2023)

Não houve diferença para perda de MS e a perda de gases ($P>0,05$) entre as silagens (Tabela 3), assim como não tiveram níveis altos de perdas, apontando um armazenamento adequado e um bom processo na fermentação. A perda de MS e de gases são consideradas um processo natural decorrente da fermentação (PINEDO et al., 2022). Segundo Zimmer, (1980) citado por Ramos et al. (2021), as perdas por gases podem chegar de 2 a 4% e estão associadas com o ambiente dentro do silo.

Houve relação do valor de pH da silagem com teor de matéria seca da silagem (Figura 2), sendo que o pH aumentou à medida que aumentou a percentual de matéria seca da silagem, o que pode estar relacionado com a redução do teor de carboidratos solúveis da silagem. De acordo com Santos et al. (2010) os níveis de pH estão intimamente ligados às concentrações de carboidratos solúveis presentes na forragem a ser ensilada, isso se deve ao fato de que esses carboidratos desempenham um papel fundamental na produção de ácidos orgânicos, especialmente o ácido láctico, que desempenha um papel crucial na obtenção de uma silagem de alta qualidade.

Figura 2: Relação do pH em função do teor de matéria seca da silagem



Fonte: Própria (2023)

Houve diferença do pH ($P < 0,05$) entre as silagens, no momento da abertura do silo. No entanto, após 240h (10 dias) de exposição ao ar, os valores de pH não diferiram ($P > 0,05$), mesmo com aumento nos valores de pH (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de pH, temperatura ($^{\circ}\text{C}$) da silagem de cultivares de sorgo no momento da abertura dos silos e após exposição ao oxigênio

Variáveis	após exposição ao oxigênio			CV (%)
	Silagem de sorgo			
	1G100 s/adubo	1G100 c/adubo	XS9454 c/adubo	
<i>pH</i>				
Na abertura do silo	4,31±0,06 b	4,39±0,01 a	4,31±0,06 b	0,13
Após 240h de exposição ao ar	4,51±0,11a	4,40±0,01 a	4,36±0,23 a	1,19
<i>Temperatura (°C)</i>				
Na abertura do silo	23,66 ±0,57a	23,66±0,01 a	23,33±0,58 a	2,45
Após 240h de exposição ao ar	29,63±0,55a	30,30±0,01 a	29,33±0,58 a	1,95

* Letras minúsculas repetidas em uma mesma linha não diferem estatisticamente pelo Tukey a 5%; ** CV, coeficiente de variação.

Fonte: Própria (2023)

No trabalho de Ranjit e Kung Jr. (2000), com silagem de milho, obtiveram pH de 5,44, onde após 100 dias apresentou pH de 3,66. Entretanto, ao expor essa silagem ao ambiente por períodos de 12, 24, 36, 48 e 72 horas, em um espaço fechado com temperatura mantida constantemente a 22°C , observou-se um aumento significativo no pH ($P < 0,05$). Os valores registrados foram 3,85, 3,81, 3,77, 4,55 e 5,02, respectivamente. E Marinho (2022) trabalhando com silagens de sorgo cultivar Santa Elisa encontrou valores de pH que variaram entre 3,52 e 4,55, até às 108h, posteriormente a esse tempo, as silagens foram descartadas, pois se apresentavam comprometidas e deterioradas.

Segundo Schocken-Iturrino et al. (2005), as leveduras promovem a oxidação dos ácidos

orgânicos que funcionam como agentes conservantes. Isso frequentemente dá início ao processo de degradação aeróbica, culminando na elevação do pH e, conseqüentemente, no estímulo ao crescimento de outros microrganismos, tais como fungos, *Bacillus* e *Listeria monocytogenes*.

Para a temperatura não houve diferença significativa no momento da abertura, nem após a exposição de 240h ao ar ($P>0,05$) entre as silagens. Contudo, é possível notar aumento das temperaturas entre o tempo de abertura e os 10 dias de exposição ao ar. Segundo Rotz e Muck (1994) a deterioração aeróbica da silagem pode ser ocasionada por fungos e bactérias acetogênicas, que utilizam os açúcares remanescentes e os subprodutos da fermentação como fonte de energia, resultando no aumento da temperatura das silagens, que pode chegar a atingir até 45°C.

CONCLUSÕES

Embora as silagens possam mostrar variações em alguns aspectos, foram classificadas globalmente como de boa a média qualidade em termos de teor de matéria seca, características sensoriais e fermentação. Nenhuma das silagens apresentou deterioração completa durante o período de estabilidade aeróbica de 240 horas observadas, mantendo-se estáveis ao longo desse período, o que permite sua melhor utilização.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, I. V. O.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P.; VELOSO, C. M.; BONOMO, P. Perdas, características fermentativas e valor nutritivo da silagem de capimelefante contendo subprodutos agrícolas. **R. Bras. Zootec.**, v.39, n.12, p.2578-2588, 2010.
- BIAGIONNI, M. A. M.; LOPES, A. B. C.; JASPER, S. P.; BERTO, D. A.; GONÇALVES, E. V. Qualidade da silagem de grão úmido em função da temperatura ambiente e pressão interna de armazenagem ambiente e pressão interna de armazenagem. **Acta Scientiarum. Agronomy.**, Maringá, v. 31, n. 3, p. 377-382, 2009.
- BERNARDES, T.F.; REIS, R.A.; MOREIRA, A.L. Fermentative and microbiological profile of Marandu-grass ensiled with citrus pulp pellets. **Scientia Agricola**, v.62, n.3, p.214-220, 2005
- CLEMENTE, J. V. F. **Mucilagem de sisal (*agave sisalana*, perrine) ensilada para alimentação de caprinos e ovinos**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 115 p. 2021.
- DUARTE, N. L. **Cultura do sorgo (*sorghum bicolor* [L.] moench): uma revisão sobre sua versatilidade tecnológica, processamento e pós-colheita**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 51 p. 2021.

EVANGELISTA, A. R.; ABREU, J. G.; AMARAL, P. N. C.; PEREIRA, R. C.; SALVADOR, F. M.; LOPES, J.; SOARES, L. Q. Composição bromatológica de silagens de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) MOENCH) aditivadas com forragem de leucena (*Leucaena leucocephala* (LAM.) DEWIT). **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 429-435, mar./abr., 2005.

GUIMARÃES, M. E. S. Estabilidade aeróbia de silagem de dieta total submetida a diferentes tempos de estocagem com ou sem presença de aditivo. Monografia (Zootecnia) - Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 25 p. 2019.

GUIM, A.; DUBEUX JÚNIOR, J.C. Conservação de forragem. In: X SEMANA DE ZOOTECNIA, Recife: 15 a 18 de maio de 2001, 42p.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **R. Bras. Zootec.**, v.36, suplemento especial, p.101-119, 2007.

JUNIOR, C. S. R.; SALCEDO, Y. T. G.; AZEVEDO, R. A.; DELEVATTI, L. M.; MACHADO, M. Uso de silagem de milho no balanceamento de dietas para vacas leiteiras. **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13; 2011.

MAGALHÃES, A. M. **Composição bromatológica da silagem de sorgo aditivada com a parte aérea do feijão catador (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**. Monografia (Bacharelado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 27. 2014.

MAGALHÃES, A.; HOLANDA FILHO, Z, F.; MARTINS, E. C. **Pesquisa Pecuária Municipal 2020: rebanhos de caprinos e ovinos**. Boletim do Centro de Inteligência e Mercado de Caprinos e Ovinos, n. 16, 2021.

MARINHO, J. V. N. **Composição químico-bromatológica, avaliação sensorial e de estabilidade aeróbia de silagens de sorgo aditivadas com ureia e realocadas**. Dissertação (mestrado em Biociências) - Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Santarém, p. 56. 2022.

NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES, FILHO, D. C.; BRONDANI, I. L.; PELLEGRINI, L. G.; FREITAS, A. K. Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.1, p.293-301, 2002.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. **Silagens: oportunidades e pontos críticos**. Comunicado técnico, 43p. ISSN 1678-3123, Juiz de Fora, MG, 2004.

PAULA, T. A.; VÉRAS, A. S. C.; GOMES, R. N.; FERREIRA, M. A. Produção de silagem: aspectos agrônômicos e valor nutricional em regiões semiáridas-revisão sistemática. **Arquivos do Mudi**, v. 25, n. 2, p. 127 - 154, 2021.

OLIVEIRA, P. S. D.; OLIVERIA, J. S. **Produção de Silagem de Milho para Suplementação do Rebanho Leiteiro**. Juiz de Fora: Embrapa Gado de leite, 2014. 10p. (Embrapa Gado de leite. Comunicado técnico, 74).

PASTOR, T. S. Avaliação bromatológica de diferentes genótipos de sorgo silageiro. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Instituto Federal do Espírito Santo, campus

de Alegre. Alegre, 41 p. 2022.

PINEDO, L. A.; ARÉVALO, B. R. dos S. ; SANTOS, B. R. C. dos .; ASSIS, L. C. da S. L. C. .; RIBEIRO, A. A. .; AMORIM, D. S. .; GONZÁLEZ CHACÓN, S. A. R. .; OLIVEIRA, P. V. C. de .; FIRMINO, S. S. .; GOMES, R. N. . Dry matter losses and fermentative profile of sorghum silages cultivated in the Western Amazon. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 8, p. e20811830668, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.30668.

PITT, R. E.; MUCK, R. E; PICKERIG, N. B. A model of aerobic fungal growth in silage.2. Aerobic stability. **Grass and Forage Science**, v. 46, n. 3, p. 301-312, 1991.

Processos de ensilagem e plantas a ensilar / Ricardo Gomes de Araújo Pereira ... [et al].-- Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2008. 13 p.

RAMOS, B. L. P.; PIRES, A. J. V.; CRUZ, N. T.; SANTOS, A. P. S.; NASCIMENTO, L. M. G.; SANTOS, H. P.; AMORIM, J. M. S. Perdas no Processo de Ensilagem: Uma breve revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 5, e8910514660, 2021.

RANJIT, N. K.; KUNG, J.R, L. The Effect of *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, or a Chemical Preservative on the Fermentation and Aerobic Stability of Corn Silage. **Journal of Dairy Science** Vol. 83, No. 3, 2000.

ROCHA, J.R. V. R.; GONÇALVEZ, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BRITO, A. F.; BORGES, I.; RODRIGUEZ, N. M. Avaliação de sete genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para produção de silagem. II- Padrão de fermentação. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** v.52 n.5 Belo Horizonte out. 2000.

ROTZ, C. A.; MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvest and storage. **Forage quality, evaluation, and utilization**, p. 828-868. 1994.

SANTOS, G.; MORAES, J. M. M.; NUSSIO, L. G. Custo e análise de sensibilidade na produção de silagem. **Revista iPecege** 3(1):39-48, 2017.

SANTOS, M. V. F.; CASTRO, A. G. G.; PEREA, J. M.; GARCÍA, A.; GUIM, A.; HERNÁNDES, M. P. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Arch. Zootec.** 59 (R): 25-43. 2010.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE - SAS Institute. Statistical analysis system. System for Mixed Models. Users guide: statistics. Cary, NC, 2001.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 228 p. 2006.

SCHOCKEN-ITURRINO, R. P.; REIS, R. A; COAN, R. M.; BERNARDES, T. F.; PANIZZI, R. C.; POIATTI, M. L.; PEDREIRA, M. S. Alterações Químicas e Microbiológicas nas Silagens de Capim-Tifton 85 após a Abertura dos Silos. **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.2, p.464-471, 2005 **R. Bras. Zootec.**, v.34, n.2, p.464-471, 2005.

SILVA, D. J. Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos/ Dirceu Jorge Silva, Augusto César de Queiroz 3.ed. - Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SOUZA, V. G.; PEREIRA, O. G.; MORAES, S. A.; GARCIA, R.; VALADARES, FILHO, S. C.; ZAGO, C. P.; FREITA S, E. V. V. Valor nutritivo de silagens de sorgo. **R. Bras. Zootec.**, v.32, n.3, p.753-759, 2003.

SURGE, C.; SILVEIRA, T. F.; SILVEIRA, J. P. F.; LO TIERZO, V.; JUNIOR, N, G. N. **Fases da fermentação no processo de ensilagem.** In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIAS DA UNESP – DRACENA, VI, Dracema. 2010. 3p.

TABOSA, J. N.; BARROS, A. H. C.; SILVA, F. G. da; BRITO, A. R. de M. B.; SIMÕES, A. L.; MESQUITA, F. L. T. de; NASCIMENTO, M. M. A. do; SILVA FILHO, J. G. da; FRANÇA, J. G. E. de; SILVA, A. B. da; FERRAZ, I.; CARVALHO, E. X. de; CORDEIRO, A. L.; SIMPLÍCIO, J. B. **Importância do melhoramento genético de diferentes tipos de sorgo para as mesorregiões do Agreste, Sertão e afins do Semiárido Brasileiro.** Embrapa Solos: 2019. 515-569 p.

VEIGA, D.; VEIGA, V. M. O. **A silagem e seus riscos.** Juiz de Fora: Embrapa Gado de leite, 2003. 6p. (Embrapa Gado de leite. Comunicado técnico, 33).

VITÓRIA, J.; FIGUEIRADO, M. R. P.; SILVA, V. B.; ALPOIN, B, F.; MEIRELELIS, I. A.; SILVA, M. H. S.; ELIAS, L. S.; RÓS, B. C.; MARIA, L. F. **Avaliação sensorial da silagem de capim elefante com adição de coproduto do maracujá.** In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA (SICT) DO INCAPER, 1., 2016. 5 p.

Submetido em: 30/04/2024

Aceito em: 23/07/2024

Publicado em: 31/07/2024

Avaliado pelo sistema *double blind* review