









ARTIGO ORIGINAL

Igor Kieling Severo¹ 
Sayonara Salvatti Müller¹ 
Regis Luis Missio^{1*} 
Denise Adelaide Gomes Elejalde¹ 
Renan Diego Rieger¹ 
Guilherme Kehrwald de Moraes¹ 

¹ Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Via do Conhecimento, Km 1, CEP: 85503-390, Pato Branco - PR, Brasil.

* **Autor correspondente:**
E-mail: regisluismissio@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE

Atividade de água
Homofermentativas
Estabilidade aeróbica

KEYWORDS

Soil Water activity
Homofermentatives
Aerobic stability

Silagem de milho colhida com diferentes alturas e adição de inoculante microbiano e enzimático

Corn silage harvested at different heights and addition of microbial and enzymatic inoculant

RESUMO: Objetivou-se avaliar a qualidade da silagem de milho colhida com diferentes alturas e adição de inoculante microbiano e enzimático. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com os tratamentos em esquema fatorial $3 \times 2 + 1$ (três alturas, com ou sem inoculante e um padrão representado pela forragem verde), utilizando-se seis repetições (silos experimentais). As alturas de corte avaliadas foram 20, 40 e 60 cm. O teor de matéria seca, pH, condutividade elétrica, atividade de água e perdas de matéria seca não foram alteradas pelas alturas de corte com ou sem inoculante. A forragem verde apresentou maior pH e condutividade elétrica em relação a silagem. A estabilidade aeróbica foi inferior na forragem verde em relação à silagem. Entretanto, a elevação da altura reduziu a estabilidade aeróbica da silagem, que não foi influenciada pela adição de inoculante. A elevação da altura de corte das plantas de milho de 20 para 60 cm reduz a estabilidade aeróbica da silagem, não havendo grande impacto da inclusão de aditivo microbiano a base de bactérias homofermentativas e enzimas fibrolíticas sobre o processo fermentativo em silos de laboratório com baixa quantidade de silagem.

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the quality of corn silage harvested with different heights and the addition of microbial and enzymatic inoculant. The experimental design used was completely randomized, with treatments in factorial scheme $3 \times 2 + 1$ (three heights, with or without inoculant and a pattern represented by green forage) using six replicates (experimental silos). The cutting heights evaluated were 20, 40 and 60 cm. The dry matter content, pH, electrical conductivity, water activity and dry matter losses were not altered ($P > 0.05$) by the cutting heights with or without inoculant. Green forage showed higher pH and electrical conductivity compared to silage. Aerobic stability was lower in green forage compared to silage. However, the cutting heights increase reduced the aerobic stability of the silage, which was not influenced by the addition of inoculant. The increase in the cutting height of corn plants from 20 to 60 cm reduces the aerobic stability of the silage, with little impact from the inclusion of inoculant based on homofermentative bacteria and fibrolytic enzymes on the fermentation process in laboratory silos with a low quantity of silage.

Received: 28/04/2020
Accepted: 09/06/2020

1 Introdução

O estado do Paraná é o terceiro maior produtor de leite do Brasil, em que a Região Sudoeste é àquela com produção de maior volume de leite do estado (Seab, 2019). Nos últimos anos, esta região tem apresentado um dos maiores aumentos de produtividade, apresentando mais de um bilhão de litros de leite produzido anualmente (Seab, 2019). A produção de leite nesta região, assim como na região sul do Brasil como um todo, ocorre em pequenas propriedades (Picoli et al., 2015). A utilização de forragens conservadas, especialmente a silagem de milho, neste contexto, é essencial em função da já conhecida variação da produção das forragens tropicais ao longo do ano.

A nutrição de animais de alta produção, neste contexto, depende do fornecimento de alimentos de alto valor nutritivo. A altura de corte das plantas de milho é uma das alternativas para elevar a qualidade da silagem (Neumann et al., 2007). A elevação da altura de corte permite reduzir a proporção de colmo e aumentar a de grãos na massa ensilada, elevando o conteúdo energético e reduzindo o teor de fibra indigestível na silagem (Rezende et al., 2015). Os inoculantes microbianos e enzimáticos, por outro lado, podem favorecer o valor nutritivo da silagem por beneficiarem o rápido decréscimo do pH, além de reduzirem as perdas de matéria seca (Zopollatto et al., 2009). A utilização de inoculantes no Brasil, entretanto, é presente em apenas 27% das propriedades (Silva et al., 2015). Os efeitos da utilização dos inoculantes sobre o processo de ensilagem estão associadas ao tipo de inoculante, sua atividade biológica, a quantidade aplicada e tipo de forragem (Anjos et al., 2018).

O presente estudo foi desenvolvido a fim de contribuir para reduzir a grande carência de resultados de pesquisa relacionados com o efeito da altura de corte combinado com o uso de inoculantes sobre a qualidade da silagem de milho. Desta forma, objetivou-se avaliar a qualidade da silagem de milho colhida com diferentes alturas e adição de inoculante microbiano e enzimático.

2 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no município de Renascença, Paraná, (latitude S 26°09'29" e longitude O 52°58'08"). O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Distrófico e o clima da região se classifica como subtropical (Cfa).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com os tratamentos em arranjo fatorial $3 \times 2 + 1$ (três alturas de corte, dois níveis de inclusão de aditivo microbiano e a testemunha representada pela forragem antes de ensilar). As repetições foram constituídas pelos silos experimentais (seis), exceto no caso da forragem verde, cujas repetições foram representadas por amostras (seis) retiradas antes da ensilagem e/ou adição do inoculante microbiano. As alturas de corte avaliadas foram de 20, 40 e 60 cm. O inoculante microbiano foi aplicado na taxa de 105 UFC/g

(5g/1000 kg de matéria verde). O aditivo microbiano utilizado apresenta em sua composição, de acordo com instruções do fabricante, bactérias lácticas homofermentativas (*Pediococcus acidilactici*, *Enterococcus faecium*, *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus salivarius*), amilase, celulase, xilanase, hemicelulase, sacarose e dióxido de silício.

Utilizou-se uma área de 1,0 ha cultivada com híbrido superprecoce de milho AG 9025 PRO3, o qual apresenta, segundo fornecedor comercial, tecnologia com proteção contra lagartas da parte aérea, larva-alfinete e tolerância ao glifosato. A densidade de semeadura utilizada foi de 75.000 plantas ha⁻¹ com espaçamento entre linhas de 0,45 m. O plantio foi realizado para o período de safra principal (15 de setembro de 2018), utilizando-se plantadeira comercial pantográfica KF 9050 H. A adubação de base foi de 415 kg ha⁻¹ da fórmula NPK 8-20-15. A adubação de cobertura foi realizada no estágio V4 da cultura utilizando-se 112,5 kg ha⁻¹ de nitrogênio (N) na forma de ureia.

A ensilagem foi realizada quando os grãos atingiram o ponto farináceo-duro. Para tanto, as plantas foram colhidas manualmente e processadas em triturador estacionário ajustando-se as facas para tamanho de partícula de 0,5-2 cm. Para a colheita das plantas foram estabelecidos locais aleatórios dentro da área experimental, com o corte de todas as plantas em um metro linear. Para cada altura de corte, foram realizados seis locais dentro da área experimental. Após, as plantas colhidas em cada altura de corte foram homogeneizadas e processadas a fim de se obter aproximadamente 20 kg de forragem verde. Posteriormente, a forragem processada para cada altura de corte foi novamente homogeneizada e separada em duas porções, das quais foram retiradas seis amostras de forragem verde (± 600 g). Estas amostras foram embaladas, identificadas e congeladas em freezer comercial por 60 dias para posteriores análises laboratoriais.

Em uma porção de forragem processada (± 10 kg) de cada altura foi realizada a adição da solução com inoculante microbiano a partir da pulverização e homogeneização do material manualmente. Para isso, pesou-se de 0,05 g do produto comercial em balança de precisão e realizou-se a diluição em 60 mL de água, considerando-se as recomendações do fabricante (5 g de aditivo microbiano diluídos em 2 L de água para 1000 kg de plantas de milho processadas) de cada porção de forragem processada, com ou sem adição de inoculante microbiano, foram retiradas 12 amostras (± 600 g), as quais foram acondicionadas em silos experimentais. Estes foram identificados, pesados e armazenados em um local sem incidência de luz solar e protegido de roedores. Os silos foram confeccionados com sacos plásticos (20 micras) com capacidade para 1 kg. A retirada do ar do interior dos silos e a sua vedação ocorreu com auxílio de máquina industrial de embalar a vácuo (modelo GS620F), com similar tempo de vácuo e seladura para todos os tratamentos.

Após 60 dias da ensilagem, os silos foram pesados e depois abertos. Seis silos experimentais foram utilizados

para a determinação da perda de matéria seca e estabilidade aeróbica da silagem e os silos restantes (seis), de cada tratamento, foram utilizados para determinação das demais análises qualitativas. Amostras de silagem e forragem verde de cada repetição foram secas em estufa com circulação de ar forçado a 55°C por 72 h e processadas (tamanho de partícula de 1mm) em moinho do tipo Willey. O conteúdo de matéria seca da silagem e da forragem verde foi determinado segundo (AOAC, 1990). A perda total de matéria seca foi determinada a partir da diferença entre o peso de matéria seca inicial e final dos silos em relação à quantidade de forragem ensilada, tal como descrito por Jobim et al. (2007).

As demais análises qualitativas foram realizadas na forragem em seu estado natural (silagem ou forragem verde). O pH da forragem foi determinado segundo descrito por Silva & Queiroz (2002), utilizando-se peagâmetro digital (modelo K39-0014PA). A condutividade elétrica e atividade de água foram determinadas utilizando-se condutivímetro de bancada (modelo aca-150, alpax. 01), tal como descrito por Jobim et al. (2007).

A avaliação da estabilidade aeróbia foi determinada como o número de dias para elevação da temperatura da silagem em 2°C em relação à temperatura ambiente (O'Kiely et al., 2001). As temperaturas das silagens foram obtidas três vezes ao dia, com intervalo entre observações de 8 horas, durante cinco dias, com o uso de termômetro digital inserido no centro da massa de forragem dos silos experimentais após abertura.

Os dados foram submetidos à análise de normalidade e homogeneidade de variâncias. Logo as pressuposições satisfeitas, os dados foram submetidos à análise de variância, análise de contrastes (forragem verde vs. silagem de milho) e análise de comparação de médias pelo teste Tukey ($\alpha = 0.5$), utilizando-se o pacote estatístico SAS (Statistical Analysis System, version 8.02). O modelo matemático geral utilizado foi representado a partir da Equação 1.

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + M_j + T_i * M_j + e_{ijk}$$

Em que: Y_{ijk} é a variável dependente; μ é uma constante; T_i é o efeito da altura de corte; M_j é o efeito da dose de aditivo microbiano; $T_i * M_j$ é o efeito da interação entre altura de corte e dose de aditivo microbiano, e e_{ijk} é o erro experimental residual.

3 Resultados e Discussão

Não foi verificada interação ($p > 0,05$) entre a altura de corte e adição de inoculante no teor de matéria seca (MS) da silagem (Tabela 1). Não foi verificada diferença ($p > 0,05$) no teor de MS da forragem entre os fatores de variação, sendo os valores obtidos de acordo com o intervalo recomendado (30-35%) para o adequado processo de ensilagem (Nussio et al., 2001). Segundo esses pesquisadores, nesse intervalo se evita perdas

maiores por processos biológicos como água, calor, produção de gases e a formação de efluentes, buscando eficiência no processo fermentativo para preservação do valor nutricional da silagem.

Além do adequado ponto de colheita, pode-se destacar que, embora possa existir troca de calor e gases com o meio externo através da porosidade de lonas utilizadas para promover a anaerobiose nos silos (Borreani et al., 2018), as condições experimentais permitiram adequadas condições para ação das bactérias lácticas e minimizaram as perdas de água por evaporação e/ou efluentes em virtude do reduzido tempo entre a colheita e a vedação dos silos, pela proteção física exercida pelo plástico dos silos experimentais e pela rápida desensilagem após abertura. Estas condições certamente favoreceram os resultados obtidos, o que demonstra que quando o processo de ensilagem e desensilagem são conduzidos de forma adequada, não há grande mudança no teor de MS entre a forragem verde e a silagem resultante, o que é um dos preceitos do processo de ensilagem, que visa preservação do valor nutricional das forragens através da fermentação anaeróbica (Rooke & Hatfield, 2003).

Neumann et al. (2007) verificaram menor teor de MS da silagem em relação ao material original. Estes pesquisadores, no entanto, não esclareceram os fatores de causa e efeito para estes resultados. Para que a silagem apresente menor teor de MS em relação ao material original é necessário que ocorra a absorção de água do meio, o que pode ter ocorrido, já que os silos utilizados foram do tipo trincheira.

O colmo é o componente com maior teor de umidade na planta, e sua participação na composição da silagem pode interferir no teor de MS da silagem resultante (Neumann et al., 2007; Oliveira et al., 2013), a qual tende aumentar com a redução da participação deste componente na silagem. Entretanto, o impacto das alturas de corte das plantas na ensilagem e, conseqüentemente, da participação de colmo na massa ensilada sobre a MS da silagem e/ou composição bromatológica da silagem, depende da amplitude das alturas de corte avaliadas (Neumann et al., 2007; Rezende et al., 2015; Marquardt et al., 2017) e de fatores que alterem a proporção dos componentes da planta (colmo, folha, grãos, brácteas e sabugo), tais como época de plantio/colheita e arranjos espaciais no plantio (Beleze et al., 2003; Ramezani et al., 2011).

No que se refere ao inoculante microbiano, é possível que a sua inclusão na silagem de milho tenha pouco impacto favorável sobre o conteúdo de MS da silagem. Zopolatto et al. (2009), revisando a literatura nacional verificou que não houve impacto favorável da adição de inoculante microbiano (bactérias homofermentativas) sobre o conteúdo de MS da silagem aditivada. A alteração do conteúdo de MS em silagens aditivadas está normalmente relacionada com a utilização de inoculantes microbianos compostos por bactérias heterofermentativas (Muck et al., 2010). Segundo Pahlow et al. (2003), menor recuperação de MS em silagens aditivadas com bactérias heterofermentativas é o resultado da menor eficiência destas bactérias em decorrência da priorização da

Tabela 1. Variáveis relacionadas com o teor de matéria seca, condutividade elétrica e atividade de água da forragem antes e após a ensilagem do milho colhido em diferentes alturas, com ou sem adição de inoculante.**Table 1.** Variables related to dry matter content, electrical conductivity and forage water activity before and after silage of corn harvested at different heights, with or without the addition of inoculant.

Inoculante	FV	Altura de corte (A, cm)			Média	CV	P - valor	
		20	40	60			FV vs. S	A x I
Teor de matéria seca (%)								
Sem		32,78	33,86	35,60	34,08			
Com		32,85	32,69	33,06	32,88	7,08	0,483	0,416
Média	33,61	32,82	33,33	34,33	33,49			
pH								
Sem		3,51	3,50	3,51	3,51			
Com		3,45	3,53	3,54	3,50	1,51	0,001	0,068
Média	5,84 ^a	3,48 ^b	3,51 ^b	3,52 ^b	3,51			
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)								
Sem		0,6201	0,6871	0,7440	0,6802			
Com		0,6603	0,6622	0,6698	0,6642	24,91	0,001	0,717
Média	2,35a	0,6402b	0,6758b	0,7035b	0,6722			
Atividade da água								
Sem		0,93	0,94	0,94	0,94			
Com		0,94	0,94	0,94	0,94	0,17	0,001	0,070
Média	0,95a	0,93b	0,94b	0,94b	0,94			

A = altura; I = inoculante; FV = forragem verde; S = silagem; A x I = interação entre A e I; FV vs. S = contraste entre FV e S. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si ($P < 0,05$).

produção de ácido acético, etanol e CO₂, o que sugere incremento da perda de energia (Pahlow et al., 2003). Vale lembrar que a produção anaeróbica de ácido acético pode envolver a utilização de duas moléculas de água (Arslan et al., 2012).

Não foi verificada interação ($p > 0,05$) entre alturas de corte e dose de inclusão de aditivo microbiano no pH da silagem (Tabela 1). Da mesma forma, verificou-se que a adição de inoculante microbiano não alterou ($p > 0,05$) o pH da silagem de milho colhida em diferentes alturas, porém o pH das silagens foi inferior ($p < 0,05$) ao da forragem verde. O pH de todas as silagens de milho permaneceu abaixo do valor de 3,55, considerado aceitável para silagens de milho (Kung & Shaver, 2001).

O objetivo da aplicação de inoculantes microbianos à ensilagem, especialmente àqueles contendo bactérias lácticas homofermentativas, é garantir que o crescimento de bactérias lácticas predomine durante o processo de fermentação, produzindo ácido láctico em quantidades altas e rápida queda no pH afim de garantir uma boa silagem (Muck et al., 2010; Yitbarek & Tamir, 2014). Segundo Zopollato et al. (2009), o pH das silagens de milho aditivadas foi reduzido em relação à silagem controle em 33,3% dos dados avaliados. De acordo com estes pesquisadores, dentre as hipóteses para o insucesso da utilização de inoculantes em silagens destaca-se a atividade competitiva de população epífita das plantas, o baixo teor de açúcares da forragem, excesso de oxigênio, extremos de atividade de água na massa ensilada e problemas na aplicação do produto.

No presente estudo, acredita-se que a falta de variação no pH das silagens, em relação a silagem controle, esteja

relacionado com atividade competitiva da população epífita das plantas, as quais na presença de adequadas condições para crescimento, se multiplicam rapidamente, ofuscando alterações pela população adicionada via inoculante. Isso fica evidenciado, de certa forma, pelos baixos valores de pH verificados nas silagens sem adição de inoculante microbiano.

A falta de variação do pH da silagem aditivada em relação a controle, em função da altura de corte, por outro lado, pode estar associado com o fato deste fator de variação não ter alterado a quantidade de açúcares da massa ensilada, determinando, desta forma, similar crescimento de bactérias lácticas e acidificação do meio. Embora não tenha sido avaliada a quantidade de açúcares, supõe-se que estes tenham sido abundantes, independentemente da altura de corte, o que fica evidenciado pelo baixo pH verificado nas silagens colhidas com diferentes alturas sem adição de inoculante. De forma geral, os resultados obtidos neste estudo foram coerentes com a literatura (Rezende et al., 2015; Marquart et al., 2017), que demonstra ausência de impacto de alturas de corte sobre o pH da silagem, muito embora, poucas pesquisas foram encontradas demonstrando o efeito da altura de corte sobre o pH da silagem de milho.

Não foi verificada interação ($p > 0,05$) entre altura de corte e dose de inoculante sobre a condutividade elétrica (CE) das silagens (Tabela 1). Entretanto, verificou-se que a condutividade elétrica reduziu após a ensilagem, mas não diferiu entre as silagens colhidas com diferentes alturas com ou sem inoculante. A CE indica, de forma indireta, o grau de rompimento celular durante o processamento da forragem, através da liberação de

eletrólitos (Zopollatto et al., 2009). A maior CE da forragem fresca, não era esperada, uma vez que não houve diferença no conteúdo de MS entre a forragem original e a silagem. Entretanto, os resultados indicam maior conteúdo de líquido extravasado na forragem fresca, o que pode ser resultado da utilização dos carboidratos solúveis pelas bactérias lácticas durante o processo de fermentação (Muck et al., 2010). Estes resultados, de certa forma, podem ser sustentados pelo menor pH e maior atividade de água da silagem em relação ao da forragem fresca.

A CE das silagens colhidas com diferentes alturas com ou sem inoculante podem ser explicadas pelo similar conteúdo de MS, pH e atividade de água (AW) das silagens, o que demonstra que a quantidade de líquidos extravasada do conteúdo celular foi similar nas forragens ensiladas. O processamento da forragem é um dos fatores com maior impacto sobre a condutividade elétrica, já que permite o maior ou menor extravasamento do líquido celular (Jobim et al., 2007).

Não foi verificada interação ($p > 0,05$) entre altura de corte e dose de inoculante sobre a AW das silagens (Tabela 1). Da mesma forma, não se verificou alteração ($p > 0,05$) da AW em função da altura de corte e da dose de inoculante microbiano das silagens, resultados que podem ser explicados pelo similar conteúdo de MS e similar CE das silagens. Entretanto, verificou-se que a AW foi superior ($p < 0,05$) na forragem fresca em relação à silagem (Tabela 1). Estes resultados podem estar relacionados com a perda de água no processo de ensilagem, especialmente a partir da utilização de água na reação bioquímica para produção de ácido acético (Arslan et al., 2012). Os resultados apresentados neste estudo podem estar demonstrando que a avaliação da AW pode ser mais precisa para demonstrar variação do teor de umidade no processo de ensilagem em relação à avaliação

do conteúdo de MS pelo método convencional (secagem em estufa). Esta hipótese também pode ser sustentada pela diferença de condutividade elétrica entre a forragem fresca e a silagem. Vale destacar que elevados valores de AW estão relacionados ao crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, já que estes se proliferam quando há excesso de umidade no material (AW - 0,93 a 0,97) e são indesejáveis por impedir a queda do pH das forragens e afetar negativamente o valor nutritivo da silagem (Jobim et al., 2007).

Não foi verificada interação ($p > 0,05$) entre alturas de corte e dose de inoculante sobre a estabilidade aeróbica da silagem (Tabela 2). Da mesma forma, não foi verificado efeito significativo da inclusão de inoculante microbiano sobre a estabilidade aeróbica das silagens. Porém a estabilidade aeróbica foi menor ($p < 0,05$) na forragem fresca, bem como decresceu à medida que aumentou a altura de corte. A estabilidade da silagem é determinada pela oxidação de substrato (ácidos, etanol e açúcares), especialmente após a abertura do silo por fungos e leveduras, o que resulta em elevação do pH, redução da digestibilidade e conteúdo de energia (Jobim et al., 2007). Segundo estes pesquisadores, a temperatura, concentração de carboidratos solúveis, população de fungos e leveduras e a concentração de ácidos orgânicos em interação com o pH são os parâmetros que mais afetam a estabilidade das silagens. A redução da estabilidade aeróbica com a elevação da altura de corte pode estar relacionada com a melhoria da qualidade da silagem, que ocorre pela redução da proporção de colmo e elevação de grãos na massa ensilada (Rezende et al., 2015). A atividade dos microrganismos decompositores é maior em silagens de melhor qualidade, em função dos maiores teores de carboidratos solúveis e ácido lático residual (Jobim et al., 2007).

Tabela 2. Estabilidade aeróbica e perda de matéria seca da forragem antes e após a ensilagem do milho colhido em diferentes alturas, com ou sem adição de inoculante.

Table 2. Aerobic stability and loss of dry matter from forage before and after silage of corn harvested at different heights, with or without the addition of inoculant.

Inoculante	FV	Altura de corte (A, cm)			Média	CV	P - valor	
		20	40	60			FV vs. S	A x I
Estabilidade aeróbica (dias)								
Sem		4,67	3,82	3,60	4,03			
Com		4,23	4,23	4,03	4,16	10,75	0,002	0,116
Média	3,62d	4,45a	4,02ab	3,82bc	4,11			
Perdas de matéria seca (%)								
Sem		8,20	7,52	7,10	7,63			
Com	--	8,61	8,40	8,00	8,36	18,54	0,876	--
Média		8,43	7,97	7,57	8,00			

A = altura; I = inoculante; FV = forragem verde; S = silagem; A x I = interação entre A e I; FV vs. S = contraste entre FV e S. Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na linha diferem entre si ($P < 0,05$).

Os resultados deste estudo foram coerentes com aqueles reportados por Zopollatto et al. (2009), que ao realizarem uma meta análise a partir de dados de pesquisas brasileiras com inoculantes microbianos em silagens, verificaram que o uso de bactérias homofermentativas não trouxe benefícios para a estabilidade aeróbica. Estes pesquisadores verificaram que a utilização de bactérias homofermentativas apresentou resultados favoráveis, na maioria das vezes, em relação à menores teores de fibra e pH, e maior teor de proteína bruta. Nas silagens aditivadas com bactérias heterofermentativas, estes pesquisadores verificaram que os bons resultados se traduziram em menor pH e teor de compostos fibrosos em relação aos aumentos do teor de carboidratos solúveis, à maior recuperação de MS e aumento de estabilidade aeróbica. O aumento da estabilidade aeróbica em silagens com bactérias heterofermentativas está associado a maior produção de ácido acético, que atua inibindo o crescimento de leveduras após a abertura do silo (Muck et al., 2010).

Não foi verificada interação ($p > 0,05$) entre alturas de corte e dose de inoculante nas perdas de matéria seca (PMS) das silagens. Da mesma forma, não se verificou diferença ($p > 0,05$) nesta característica entre alturas de corte e dose de inoculante. Estes resultados podem estar relacionados à similar densidade de forragem nos silos, já que este fator é um dos principais impactantes da PMS (Borreani et al., 2018). Além disso, é possível que o tipo de silo (ausência de perda por efluentes), bem como o controle das condições experimentais tenha contribuído estes resultados. O rápido processo de ensilagem e desensilagem, neste contexto, possivelmente reduziu as PMS por oxidação. Segundo Jobim et al. (2007), as perdas em silagens têm sido realizadas em silos de laboratório, que apresenta grande importância na avaliação da qualidade de fermentação (padrão de fermentação) da forragem ensilada, mas na maioria das vezes subestima as perdas em relação as situações de campo.

Os resultados deste estudo foram coerentes com aqueles apresentados na literatura (Zopollatto et al, 2009; Tabacco et al., 2011), que demonstram que a recuperação de matéria seca é normalmente maior pela utilização de bactérias heterofermentativas ou com a mistura entre heterofermentativas e homofermentativas. No presente estudo, o inoculante utilizado era composto por bactérias lácticas homofermentativas e enzimas fibrolíticas. Por outro lado, no que se refere à altura de corte, Neumann et al. (2007), avaliando diferentes alturas e tamanhos de partículas para ensilagem de milho, verificaram que as perdas de MS ocorreram em proporções diferenciadas e análogas sob efeitos associativos dos fatores altura e tamanho de partícula com estrato do silo e período de desensilagem, indicando que os processos de fermentação, de oxidação e de refermentação são heterogêneos na massa ensilada.

4 Conclusão

A elevação da altura de corte das plantas de milho de 20 para 60 cm reduz a estabilidade aeróbica da silagem,

não havendo grande impacto da inclusão de aditivo microbiano a base de bactérias homofermentativas e enzimas fibrolíticas sobre o processo fermentativo em silos de laboratório com baixa quantidade de silagem.

Referências

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15ed. Washington, D. C.: 1990. 1298p.
- ANJOS, G. V. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.; COELHO, M.M.; MICHEL, P.H.F.; OTTONI, D.; JAYME, D.G. Effect of re-ensiling on the quality of sorghum silage. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 7, p. 6047–6054, 2018.
- ARSLAN, D.; STEINBUSCH, K. J. J.; DIELS, L.; DE WEVER, H.; BUISMAN, C. J. N.; HAMELERS, H. V. M. Effect of hydrogen and carbon dioxide on carboxylic acids patterns in mixed culture fermentation. *Bioresource Technology*, v. 118, p. 227-234, 2012.
- BELEZE, J. R. F.; ZEOULA, L. M.; CECATO, U.; DIAN, P. H. M.; MARTINS, E. N.; FALCÃO, A. J. D. S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação: 1. Produtividade, características morfológicas e correlações. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 32, n. 3, p. 529-537, 2003.
- BORREANI, G.; TABACCO, E.; SCHMIDT, R. J.; HOLMES, B. J.; MUCK, R. E. Silage review: Factors affecting dry matter and quality losses in silages. *Journal of Dairy Science*, v. 101, n. 5, p. 3952-3979, 2018.
- JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G., REIS, R. A., SCHMIDT, P. Presença de microrganismos na silagem de grãos úmidos de milho ensilado com diferentes proporções de sabugo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, n. 2, p. 101-119, 2007.
- KUNG, L. J.; SHAVER, R. Interpretation and use of silage fermentation analysis reports. *Focus on Forage*, v. 3, n.13, p.1-5, 2001.
- MARQUARDT, F. I.; JOBIM, C. C.; BUENO, A. V. I.; RIBEIRO, M. G. Altura de corte e adição de inoculante enzimo-bacteriano na composição químico-bromatológica e digestibilidade de silagens de milho avaliada em ovinos. *Ciência Animal Brasileira*, v. 18, n. 2, p. 1–9, 2017.
- MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39, suplemento especial, p. 183-191, 2010.
- NEUMANN, M.; MÜHLBACH, P. R. F.; RESTLE, J.; OST, P. R.; LUSTOSA, S. B. C.; FALBO, M. K. Silagem de milho (*Zea mays* L.) em diferentes alturas de corte e tamanho de partícula: produção, composição e utilização na terminação de bovinos em confinamento. *Revista*

Brasileira de Milho e Sorgo, v. 6, n. 3, p. 379-397, 2007.

NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. In: Simpósio sobre produção e utilização de forragens conservadas, 2001, Maringá. *Anais...Maringá: UEM/CCA/DZO*, 2001. p.319.

O'KIELY, P. O.; CLANCY, M.; DOYLE, E. M. Aerobic stability of grass silage mixed with a range of concentrate feedstuffs at feed-out. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 19, 2001. São Pedro-SP. *Proceedings...* Piracicaba-FEALQ, 2001. p. 794-795.

OLIVEIRA, F. C. L. D.; JOBIM, C. C.; SILVA, M. S. D.; BUMBIERIS, V. H. J. Productive characteristics of maize hybrids at different cutting heights for silage and organic matter and mineral rates in post-harvest residues. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 35, n. 2, p. 133-138, 2013.

PAHLOW, G.; MUCK, R. E.; DRIEHUIS, F.; ELFERINK, S. J. O.; SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). *Silage science and technology*. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, 2003. p. 31-94.

PICOLI, T.; ZANI, J. L.; PETER, C. M.; ROLL, V. F. B.; RIBEIRO, M. E. R.; VARGAS, G. D. Á. FISCHER, G. Milk production characteristics in Southern Brazil. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 1, p. 1991-1997, 2015.

RAMEZANI, M.; ABANDANI, R. R. S.; MOBASSER, H. R.; AMIRI, E. Effects of row spacing and plant density on silage yield of corn (*Zea mays* L. cv. sc704) in two plant pattern in North of Iran. *African Journal of Agricultural Research*, v. 6, n. 5, p. 1128-1133, 2011.

REZENDE, A. V. D.; WATANABE, D. J.; SILVEIRA RABELO, F. H.; SILVEIRA RABELO, C. H.; NOGUEIRA, D. A. Características agronômicas, bromatológicas e econômicas de alturas de corte para ensilagem da cultura do milho. *Semina: Ciências*

Agrárias, v. 36, n. 2, p. 961-970, 2015.

ROOKE, J. A.; HATFIELD, R. D. Biochemistry of ensiling. In: BUXTON, D.R.; MUCK, R.E.; HARRISON, J.H. (Eds.). *Silage Science and Technology*. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 2003. p. 251-304.

SECRETARIA DO ESTADO E DO ABASTECIMENTO - SEAB. 2019. *Bovinocultura de Leite / Aspectos do Brasil e Paraná*. SEAB, Curitiba, PR, Brasil. Available from: <http://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2019-09/leite_2019_v1.pdf>. Acesso: 13 abril 2020.

SILVA, J. S.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3ed. Viçosa: UFV, 2002. p. 235.

SILVA, M. S. J.; JOBIM, C. C.; POPPI, E. C.; TRES, T. T.; OSMARI, M. P. Production technology and quality of corn silage for feeding dairy cattle in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 44, n. 9, p. 303-313, 2015.

TABACCO, E.; RIGHI, F.; QUARANTELLI, A.; BORREANI, G. Dry matter and nutritional losses during aerobic deterioration of corn and sorghum silages as influenced by different lactic acid bacteria inocula. *Journal of Dairy Science*, v. 94, n. 3, p. 1409-1419, 2011.

YITBAREK, M. B.; TAMIR, B. Silage Additives: Review. *Journal of Applied Sciences*, v. 4, n. 5, p. 258-274, 2014.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagens no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de animais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 38, suplemento especial, p. 170-189, 2009.

Contribuição dos autores: Sayonara Salvatti Müller realizou o experimento e contribuiu com a revisão bibliográfica; Igor Kieling Severo auxiliou na realização do experimento e contribuiu com a escrita científica; Regis Luis Missio orientou para realização do experimento e contribuiu com a escrita científica; Denise Adelaide Gomes Elejalde, Renan Diego Rieger e Guilherme Kehrwald de Moraes contribuíram com a revisão bibliográfica e escrita científica.

Agradecimento: Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Fontes de financiamento: Recursos custeados pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.