

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS SÃO MIGUEL DO OESTE
AGRONOMIA

Ana Luisa Parizotto Carniel

**QUALIDADE BROMATOLÓGICA E ESTABILIDADE DE SILAGENS
DE MILHO TRATADAS COM ADITIVOS QUÍMICO E BIOLÓGICO
NA ENSILAGEM**

São Miguel do Oeste – SC (2023)

ANA LUISA PARIZOTTO CARNIEL

**QUALIDADE BROMATOLÓGICA E ESTABILIDADE DE SILAGENS DE MILHO
TRATADAS COM ADITIVOS QUÍMICO E BIOLÓGICO NA ENSILAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Agronomia do Campus São Miguel do Oeste do Instituto Federal de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de **Engenheira Agrônoma.**

Orientadora

Prof. Dra. Priscila Flôres Aguirre

Coorientadora

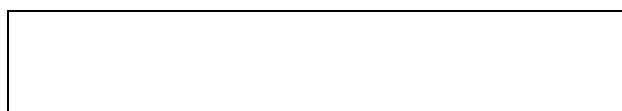
Prof. Dra. Gabriela Cristina Guzatti

São Miguel do Oeste – 2023

Ana Luisa Parizotto Carniel

**QUALIDADE BROMATOLÓGICA E ESTABILIDADE DE SILAGENS DE MILHO
TRATADAS COM ADITIVOS QUÍMICO E BIOLÓGICO NA ENSILAGEM**

Este trabalho foi aprovado pela Banca examinadora composta por Priscila Flôres Aguirre, Gilmar Luiz Schaefer e Odimar Zanuzo Zanardi na data 24/04/2023, cujas notas e assinaturas constam em Ficha de Avaliação. Por fim, as considerações propostas pela Banca foram incorporadas no trabalho, estando esse apto para arquivamento.



Priscila Flôres Aguirre

Instituto Federal Santa Catarina - Câmpus São Miguel do Oeste

RESUMO

O estado do Paraná é o segundo maior produtor de milho do país. No sudoeste do estado onde as práticas zootécnicas são voltadas para a criação de gado de corte e leite, essa gramínea também é cultivada para a produção de silagem. A ensilagem é o processo para conservação de forragem mais utilizado no país e consiste na conservação de forragem pela fermentação microbiana em condições de anaerobiose. O milho possui as características ideais para a produção de uma boa silagem, pois, dentre outras características, possui elevada aceitação dos animais e alto rendimento de massa por hectare. Com isso, esse trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade bromatológica e a estabilidade da fermentação aeróbica de silagens de milho de planta inteira tratadas com blend de ácidos orgânicos ou inoculante bacteriano no momento da ensilagem. A silagem foi acondicionada em microsilos de PVC que permaneceram fechados por 90 dias. Após, os microsilos foram abertos, sendo realizadas análises de pH, nitrogênio amoniacal, bem como os teores de proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), contagem de microrganismos e aferição da temperatura em diferentes períodos após exposição ao ar. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos (manejos de ensilagem: sem aditivos, inoculante bacteriano e blend de ácidos orgânicos) e quatro repetições (microsilos). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). A silagem tratada com blend de ácidos orgânicos apresentou maior teor de PB (9,0%) em comparação com a que não recebeu nenhum tipo de tratamento (8,3%). Para os teores de FDN e FDA, os maiores valores foram encontrados na silagem inoculada (38,83 e 27,60%, respectivamente) em relação as silagens que não receberam aditivo. A presença de fungos filamentosos, a temperatura e o valor de pH das silagens aumentaram com a exposição ao ar. Portanto, o uso de aditivos químicos ou biológicos no momento da ensilagem de milho altera alguns parâmetros de composição bromatológica e fermentação aeróbia da silagem, sendo necessários mais estudos para consolidar essas informações.

Palavras-chave: Conservação, nitrogênio amoniacal, proteína bruta, *Zea mays*.

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| <u>TABELA 1 - Dados da análise de solo.....</u> | 16 |
| <u>TABELA 2- Potencial hidrogeniônico (pH) de silagens de milho com uso de aditivo químico ou biológico após diferentes períodos de fermentação.....</u> | 19 |
| <u>TABELA 3 - Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de milho com uso de aditivo químico ou biológico.....</u> | 20 |
| <u>TABELA 4 - Proteína bruta (PB) de silagens de milho com uso de aditivo químico ou biológico, após diferentes períodos de fermentação.....</u> | 21 |
| <u>TABELA 5 - Valores de matéria seca (MS) de silagens de milho com uso de aditivo químico ou biológico expostas ao ar por nove dias.....</u> | 21 |
| <u>TABELA 6 - Contagem de unidades formadoras de colônia de leveduras (Log₁₀ UFC) em diferentes períodos de exposição.....</u> | 23 |
| <u>TABELA 7 - Contagem de fungos filamentosos (Log₁₀ UFC) em diferentes períodos de exposição.....</u> | 23 |

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1. <u>INTRODUÇÃO</u> | 5 |
| 2. <u>OBJETIVOS</u> | 7 |
| 2.1. <u>Objetivo geral</u> | 7 |
| 2.2. <u>Objetivo específico</u> | 7 |
| 3. <u>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</u> | 8 |
| 3.1. <u>FORAGEIS CONSERVADAS</u> | 8 |
| 3.2. <u>Silagem de milho</u> | 9 |
| 3.3. <u>Processos fermentativos</u> | 11 |
| 3.4. <u>Uso da inoculação na ensilagem de milho</u> | 12 |
| 3.5. <u>Uso de ácidos orgânicos na ensilagem de milho</u> | 13 |
| 3.6. <u>Conteúdo de N-amoniaco</u> | 14 |
| 3.7. <u>Deterioração aeróbia</u> | 14 |
| 4. <u>MATERIAIS E MÉTODOS</u> | 16 |
| 5. <u>RESULTADOS E DISCUSSÕES</u> | 19 |
| 6. <u>CRONOGRAMA</u> | 21 |
| 7. <u>REFERÊNCIAS</u> | 22 |

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos principais produtores de alimento no mundo. De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea) em 2022 o agronegócio teve participação de 24,8% no PIB brasileiro. No Paraná, o agronegócio anda na contramão de outros setores, que apresentam quedas nos rendimentos.

A produção de milho no Paraná possui maior relevância na segunda safra (safrinha), sendo que, na safra 2019/2020 representou 77% do volume de milho produzido no estado, com um total de 11,7 milhões de toneladas, enquanto a primeira safra é responsável pelos 23% restantes e um volume produzido de 3,6 toneladas (DERAL, 2020). No sudoeste do estado, devido as práticas zootécnicas serem voltadas, em sua maior parte, para produção de gado de leite e corte, suínos e aves, esse cereal é o mais consumido quando comparado aos outros. Além do milho para grão, há grande cultivo desta planta para produção de silagem.

A silagem é a principal forma para conservação de alimentos produzidos em épocas favoráveis para o seu desenvolvimento, isso se deve porque o milho pode ser ensilado de várias formas. Para alimento volumoso a ensilagem é realizada com a planta inteira ou a parte superior, enquanto para alimento concentrado energético a silagem é feita de espigas e de grão úmido.

O alimento volumoso conservado é utilizado, especialmente, no período de vazio forrageiro. No sudoeste do Paraná, o período crítico de disponibilidade de forragem ocorre no outono-inverno devido às baixas temperaturas que reduzem significativamente a qualidade e a quantidade dos pastos, ocasionando perda de peso e diminuição na produção de leite (PAULINO e CARVALHO, 2004). A produção de silagem é uma estratégia que permite dispor de alimento volumoso para os rebanhos durante o período de estacionalidade de produção das plantas forrageiras (MELLO et al., 1999).

A caracterização agronômica e genética do material para a realização da escolha é um dos principais fatores para a obtenção de grande produtividade de silagem com alto valor nutritivo. Segundo Almeida-Filho et al. (1999), a identificação de plantas mais adaptadas às condições em que serão cultivadas contribuirá para maiores rendimentos da cultura do milho. Além disso, a qualidade da silagem é influenciada por fatores extrínsecos, como o manejo de confecção do silo, condições climáticas e microbiota epifítica (MORAIS, 1995). Com o objetivo de minimizar as perdas decorrentes da ensilagem, otimizar o processo fermentativo,

reduzir a deterioração aeróbica e aumentar o valor nutritivo, tem sido pesquisado o uso de aditivos na ensilagem (HARRISON; BLAUWIKEL, 1994).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a qualidade bromatológica e a estabilidade aeróbica de silagens de milho de planta inteira com inoculação bacteriana ou aplicação de blend de ácidos orgânicos no momento da ensilagem.

2.2. Objetivos específicos

Analisar o teor de proteína bruta, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de milho de planta inteira tratadas com aditivos químico e biológico no momento da ensilagem;

Analisar o conteúdo de N-amoniaco e o pH de silagens de milho de planta inteira tratadas com aditivos químico e biológico no momento da ensilagem;

Realizar a contagem de microrganismos e a aferição da temperatura após diferentes tempos de exposição ao ar de silagens de milho de planta inteira tratadas com aditivos químico e biológico no momento da ensilagem.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Forragens conservadas

Entende-se por forragem todo o alimento disponível aos animais, de ciclo anual, podendo ser de pastejo ou fornecido no cocho (EMBRAPA, 2012). Entre as forrageiras com destaque para uso em sistema de criação de gado a pasto na região sul do Brasil incluem o azevém (*Lolium multiflorum*), as aveias (*Avena strigosa e Avena sativa*), o capim Marandu (*Brachiaria brizantha* cv. Marandu). A conservação da forragem tem como principal objetivo, o aproveitamento e armazenamento vegetal em épocas de excesso para o reaproveitamento em períodos de escassez, mantendo suas características nutritivas (PEDROSO, 2006).

O sistema de criação de bovinos no Brasil, em sua maior parte, é baseado no sistema intensivo solto à pasto. Os diferentes níveis de oferta de forragem é uma das características que mais correlaciona com o desempenho animal, como nos ganhos de peso corporal por animal e por área, bem como a composição botânica e estrutural das pastagens (CARVALHO et al., 2007). Os dois métodos principais utilizados para a conservação de forragens são a fenação e a ensilagem.

Segundo Rotz (1995), a fenação consiste na conservação do valor nutritivo pela rápida desidratação da forragem escolhida e, sua qualidade é relacionada, além dos fatores da planta, pelas condições climáticas, principalmente na hora do corte e do armazenamento. Como principal vantagem desse sistema pode-se citar a conservação por longos períodos com poucas alterações em seu valor nutritivo, se realizada da forma correta. Há uma vasta gama de espécies forrageiras que podem ser fenadas, com destaque para os capins-de-Rhodes, Estrela Africana, Coastcross, Tifton85, Jaraguá, Pangola, Colômbio, Tanzânia, Buffel, Kikuiu e espécies de *Urochloa* spp., que podem ser cultivadas para essa finalidade (CAMURÇA et al., 2002; MACIEL, 1996).

De maneira geral a ensilagem é mais utilizada no Brasil, pois envolve o uso de máquinas mais simples, com custo mais baixo, quando comparado à fenação (REIS e MOREIRA, 2001). Esse processo consiste na conservação de forragem/grãos por meio da acidificação da massa em decorrência da fermentação microbiana em condições de anaerobiose (NOVAES et al., 2004).

Pimentel et al. (1998) relatam que, para produção de silagem, há necessidade de uma espécie forrageira que apresente produção elevada de massa por unidade de área e que seja um alimento de alta qualidade para os animais. Muitas forrageiras podem ser transformadas em silagem, porém são poucas que satisfazem as exigências básicas para a produção de uma boa silagem. Sendo assim, as plantas que mais se destacam para produção de silagem são o milho (*Zea mays*), sorgo (*Sorghum bicolor*), o milheto (*Pennisetum glaucum*) e a alfafa (*Mendicago sativa*), essa não é tão comum no Brasil, é produzida principalmente nos Estados Unidos, Canadá e Argentina.

O milho é a forrageira mais utilizada para a produção de silagem, isso porque suas características bromatológicas atendem aos requisitos para a composição de uma silagem de boa qualidade. O principal objetivo é a conservação da forragem verde com o mínimo de perdas, fazendo com que não ocorra a formação de produtos tóxicos que poderão prejudicar os animais (NOVAES et al., 2004).

3.2. Silagem de milho

O milho (*Z. mays*) é uma espécie originária da América e pertence à família das Poaceae. Segundo Khan et al. (2015), o milho possui as características básicas para produção de uma boa silagem, além de possuir alto rendimento de massa por unidade de área e tempo e excelente aceitação pelos animais. Essa gramínea é considerada como o principal volumoso utilizado na confecção de silagem de planta inteira, tanto no Brasil, como nas demais regiões produtoras de leite e/ou carne bovina no mundo (BERNARDES e RÊGO, 2014). De acordo com Komleh et al. (2011), isso se deve ao fato da planta possuir alta produtividade, fibra de qualidade, boa palatabilidade, além de fácil manejo, corte e armazenamento.

Para Zanine et al. (2006), o milho e o sorgo são as duas gramíneas mais apropriadas para serem ensiladas, isso porque possuem altos teores de carboidratos solúveis além de alta produção de matéria seca. De acordo com McDonald et al. (1991), partículas menores de 20-30 mm podem favorecer a disponibilidade de carboidratos solúveis e, conseqüentemente, estimular o crescimento das bactérias lácticas.

A escolha de um híbrido para confecção da silagem é de extrema importância quando se espera como resultado um alimento de alta qualidade. A produtividade do híbrido para silagem de milho, deve objetivar alta produção de matéria verde/ha, com elevada produção de

grãos (PAZIANI, 2009). Cruz et al. (2004) afirmam que as variedades de milho podem ser agrupadas de acordo com a textura dos grãos, sendo classificadas em: dentado ou mole (*dent*), duro ou cristalino (*Flint*) e grãos semiduros que apresentam características intermediárias. Concluem ainda que, no mercado predominam os grãos semiduros e duros, enquanto os dentados são minoria. Em estudos realizados por Michalet et al. (1998), observou-se que no mesmo ponto de maturação as cultivares de grãos dentados apresentaram maiores índices de digestibilidade e degradabilidade quando comparadas as cultivares de grãos duros, após ensilado, aumentou a degradabilidade do grão duro, porém ainda foi significativamente menor que as de grão dentado.

O ponto de colheita interfere diretamente no resultado da silagem e, portanto, diversos critérios devem ser adotados para determinar o ponto ideal de colheita. Para Mccullough (1968) o máximo consumo pelos animais e a maior produção de matéria seca são obtidos quando o milho foi colhido no ponto farináceo-duro, sugerindo melhor desempenho nestas condições. O estágio ideal para colheita corresponde àquele em que a planta apresenta maior produção de massa seca digestível por unidade de área e teor de umidade que propicia um processo de fermentação satisfatório (NUSSIO et al., 2001).

Segundo Neumann (2006), o tamanho de partículas pode favorecer ou prejudicar o processo de ensilagem. Isso porque partículas muito grandes afetam a compactação, permitindo a permanência do oxigênio por mais tempo dentro da massa ensilada, alterando o processo fermentativo, além de interferir na oferta ao animal devido a seletividade. É recomendado que as partículas tenham tamanho de 0,5 a 2,5 centímetros (TOMICH et al., 2003). A compactação tem como principal objetivo a retirada do oxigênio do material ensilado favorecendo a fermentação nas condições de anaerobiose. Para Holmes e Muck (1999), os principais fatores que afetam a compactação são: pressão e peso exercidos sobre a massa ensilada, tempo de compactação, espessura da camada de forragem no silo, taxa de enchimento do silo, tamanho de partícula e conteúdo de matéria seca do material ensilado.

Sobre o processo fermentativo Costa et al. (2001) descreveram que os fatores determinantes no padrão de fermentação durante a ensilagem estão relacionados a aspectos inerentes à planta forrageira (teor de umidade, teor de carboidratos solúveis e poder tampão) e aos fatores passíveis de alteração, como estabelecer o ponto ideal de colheita da forragem, tamanho de partículas, rápido enchimento do silo, compactação adequada para retirada do oxigênio, tipo de silo, vedação adequada e eficiência de drenagem dos efluentes.

A análise bromatológica de um alimento é destinada a avaliar a composição química e valor alimentício, sendo possível, a partir desses dados, realizar uma dieta mais rentável economicamente e de alta qualidade, reduzindo os custos e aumentando a eficiência do sistema. Os principais pontos a serem observados e valores ideais em uma análise bromatológica de silagem de milho são: matéria seca (MS) de 33 a 35%; proteína bruta (PB) de 7%, nitrogênio amoniacal ($\text{NH}_3\text{-N}$) menor que 10%, fibra insolúvel em detergente neutro (FDN) menor que 50%, fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) menor que 30% e nutrientes digestíveis totais (NDT) ideal com valores acima de 65% (PEREIRA, 2020).

3.3. Processos fermentativos

O processo fermentativo da silagem é dividido basicamente em quatro etapas, a fase aeróbia que ocorre no silo, a fermentação ativa, a fase de estabilidade e, por último, a fase aeróbia pós-abertura do silo. A fase aeróbia é a que ocorre durante o enchimento do silo, se prolongando até poucas horas após seu fechamento. Nessa fase há a presença de elevada concentração de oxigênio, favorecendo o crescimento de fungos, leveduras e algumas bactérias que atuam consumindo açúcares. Esse consumo de açúcares, somados ao processo respiratório da planta são responsáveis pelo consumo de todo oxigênio disponível. Na fase de fermentação ativa ocorre a formação de ácidos que são produzidos por microrganismos anaeróbios, reduzindo o pH devido à presença de bactérias heterofermentativas e, posteriormente, de bactérias homofermentativas. Essa fase tem duração até que o pH atinja valores menores que 5,0. Na fase de estabilidade, os valores de pH devem estar em torno de 3,8 a 4,2 e ocorre o esgotamento dos açúcares. Deve-se evitar a entrada de ar no silo e, com isso, haverá pouca atividade biológica durante essa fase. Além disso, pH ácido e ambiente anaeróbio promoverão a conservação da massa até o momento de abertura do silo. A última fase é a fase de descarga, em que há a exposição às concentrações elevadas de oxigênio devido à abertura do silo. Nesta fase ocorre o aumento da temperatura e, conseqüente, aumento da atividade de bacilos, mofos e enterobactérias que deterioram a silagem. Também há a formação de bactérias formadoras de ácido acético e aumento do pH (SANTOS e ZANINE, 2006).

Existe uma série de fatores que afetam o processo fermentativo da silagem. Segundo McDonald et al. (1991), o teor de matéria seca é fator determinante no processo de fermentação da silagem, sendo necessário que apresente valores acima de 25%, evitando assim, maiores perdas por efluentes ou fermentações secundárias. O poder tampão também é tratado como fator crucial no processo fermentativo. Para uma silagem ideal, a planta deve apresentar baixo poder

tampão, isso porque, se a planta apresentar um alto poder tampão, a velocidade com que ocorre a diminuição do pH é lenta, acarretando maiores perdas no processo e uma conseqüente redução na qualidade da silagem (JOBIM et al., 2007). Além disso, carboidratos solúveis, população de bactérias, conteúdo de ácidos orgânicos, pH e nitrogênio amoniacal também são fatores importantes a serem considerados e que interferem no processo.

3.4. Uso da inoculação na ensilagem de milho

Os estudos e a utilização de inoculantes para silagem no Brasil têm crescido nos últimos anos. Esses produtos são utilizados para melhorar as características fermentativas com o objetivo de preservar o valor nutritivo da silagem após a abertura do silo para oferta aos animais. Para Muck (2012), o crescimento das cepas bacterianas e o sucesso do processo fermentativo nos silos, podem ser explicados pelo rápido crescimento e competição com as bactérias epifíticas pelos carboidratos presentes na planta. Segundo McDonald (1981), essas são algumas das características do produto a ser ensilado para que se tenha uma boa preservação: elevado nível de substrato fermentescível na forma de carboidratos solúveis, capacidade tamponante relativamente baixa além do adequado teor de MS. Contudo, para materiais que não possuem todos esses quesitos, faz-se necessário realizar um pré-tratamento, como por exemplo, o uso de aditivos.

Jobim et al. (1997), expõe que a inoculação da silagem de milho é justificável por alguns motivos, principalmente porque acelera o tempo da conclusão da fermentação causando redução nas perdas de nutrientes. A adição de inoculantes bacterianos tem sido proposta com o intuito de melhorar a qualidade da fermentação por intermédio do rápido crescimento de bactérias ácido lácticas (BAL) homofermentativas (SUCU et al., 2006). Com isso, há a diminuição das perdas advindas do processo fermentativo, além de aumentar o consumo de MS e melhorar o desempenho animal (KUNG JR et al., 2003; WILKINSON, 1998).

Para Moon (1983), grande parte das perdas que ocorrem durante o processo fermentativo é em razão da presença de leveduras. Porém, essas perdas podem ser inibidas pela ação simultânea do ácido láctico com o ácido acético, reduzindo assim, a população de leveduras presentes no silo. O autor ainda complementa que há a diminuição das perdas de MS e energia durante o processo de fermentação quando se faz a utilização de inoculantes microbianos.

A eficiência de inoculantes na silagem depende da população de bactérias existentes na cultura, do poder tampão e da quantidade e qualidade dos microrganismos adicionados à cultura (VILELA, 1998). Segundo Ashbell (1995), inoculantes utilizados em determinadas regiões com sucesso podem não ser eficientes em outras, indicando que há influência das condições do local sobre o efeito do inoculante na silagem.

Mesmo que o objetivo principal da inoculação da silagem com BAL seja o aumento da estabilidade aeróbica após a abertura do silo, um dos fatores a ser observados para medir a qualidade dessa forragem é a resposta animal, em que geralmente estão mais ligados ao valor nutritivo da forragem. Quando o efeito da inoculação da silagem é positivo, pode-se obter aumento de 5% no ganho de peso dos animais, além de 3% na produção de leite (MUCK, 2010).

3.5. Uso de ácidos orgânicos na ensilagem de milho

Os ácidos orgânicos têm sido amplamente utilizados na indústria alimentícia como aditivos alimentares e conservantes para evitar a deterioração e prolongar a vida útil dos alimentos (CHENG, 2010; JURADO-SANCHÉZ et al., 2011). Entre os ácidos orgânicos, os mais conhecidos são o ácido benzoico, láctico, acético, fórmico, cítrico, propiônico e sórbico.

Na silagem, a adição desses ácidos busca reduzir ou impedir o crescimento de leveduras, bolores ou outros microrganismos indesejáveis que promovem a deterioração da massa ensilada. Segundos Selwet (2008), a eficácia dos ácidos orgânicos melhora a atividade aeróbica das silagens após sete dias de exposição ao ar.

Os ácidos com atividade antimicrobiana são aqueles que possuem cadeia curta, contendo de um a sete carbonos em sua estrutura. A forma não dissociada desses ácidos atravessa as membranas celulares de fungos e leveduras, liberando seus prótons no citoplasma, acidificando assim, a região intracelular (BUXTON et al., 2003). Essa redução do pH no citoplasma, faz com que as leveduras gastem mais energia para manter o pH interno da célula restringindo seu crescimento (KREBS et al., 1983).

Na nutrição animal, o ácido propiônico é normalmente encontrado como um acidificante. Segundo Smith e Hong-Shum (2003), esse ácido pode ser utilizado como controlador de pH, conservante e realçador de sabor. Além disso, Barbosa (2003) constatou que a atividade antimicrobiana do ácido propiônico contra fungos e bactérias.

3.6. Conteúdo de N-amoniaco

O conteúdo de amônia das silagens é dado pela quantidade de nitrogênio amoniaco em relação ao nitrogênio total (N-NH₃/NT). A presença de amônia se torna um indicativo da atuação de bactérias do gênero *Clostridium*, principalmente, aquelas com atividade proteolítica, uma vez que, esse composto é produzido em pequenas quantidades por outros gêneros que estão presentes na massa (BAL; enterobactérias) (PAHLOW et al., 2003).

O N-amoniaco indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação, demonstrando as perdas de proteína verdadeira que ocorrem decorrentes das proteólises ocasionadas pelas enzimas proteolíticas dos microrganismos e, principalmente, das plantas na fase inicial de ensilagem, apresentando-se como um dos parâmetros determinantes da qualidade da fermentação (COAN et al., 2007; FIGURINA, 1991). A presença de nitrogênio amoniaco é uma característica importante na avaliação da silagem, pois contribui para a elevação do pH, sendo, por isso, indicativo da fermentação indesejável medida indiretamente pela atividade de clostrídios proteolíticos na massa ensilada (MCDONALD et al., 1991).

De acordo com Beck (1978), enterobactérias têm fraca atividade proteolítica, mas podem deaminar e descarboxilar alguns aminoácidos, produzindo NH₃ e ácido acético, além de reduzir nitrato a nitrito e, com isso, exercer uma atividade benéfica, que é a de controlar a população de clostrídios (BOUSSET-FATIANOFF et al., 1971; KRIEG e HOLT, 1984). Van Os et al. (1996), verificaram que consideráveis quantidades de aminas foram formadas em silagens bem preservadas durante os primeiros 10 dias de ensilagem. Essas não estariam relacionadas com os clostrídios, mas com as bactérias que, em fases iniciais de fermentação, podem produzir amina. De acordo com Benachio (1965), quanto ao teor de nitrogênio amoniaco (em % do nitrogênio total), as silagens são classificadas em muito boa, quando os valores são inferiores a 10%; aceitável, quando se mantêm entre 10 e 15% e; insatisfatória, quando acima de 20%.

3.7. Deterioração aeróbia

Para Pitt (1990), a silagem possui uma “vida útil” que é determinada pela estabilidade em aerobiose da massa ensilada e é, ainda, influenciada por vários fatores que interagem entre si. Os fatores são temperatura ambiental, espécie forrageira, conteúdo de umidade da cultura, concentração de O₂ e CO₂, população de microrganismos e concentração de ácidos orgânicos.

A interação de atividades fúngicas e microbianas promove o processo inevitável de deterioração da silagem quando exposta ao ar, podendo resultar na perda substancial da matéria seca (WOOLFORD, 1990; TAYLOR et al., 2002). Essa deterioração está relacionada com o aumento da temperatura e pH, ocasionada devido ao metabolismo de açúcares e ácidos orgânicos causado por bactérias e leveduras (SPOELSTRA et al., 1988).

Segundo Ruppel et al. (1995) as perdas durante o processo de estocagem da silagem são inversamente proporcionais aos valores de densidade. Quanto maior for a porosidade da massa, mais facilmente ocorre a penetração de ar no seu interior. A densidade no silo pode ser afetada pelas condições de campo, como por exemplo, a umidade no momento da ensilagem e percentagem de grãos na massa. Além disso, fatores ligados aos processos, como o processamento ou não dos grãos, o tamanho de partícula do picado, a altura da camada distribuída para enchimento do silo, peso do veículo, pressão que exerce sobre a massa ensilada e peso de compactação também interferem as perdas da silagem (RUPPEL et al., 1995; HOLMES; MUCK, 1999; BOLSEN et al., 2000; MUCK e HOLMES, 2001; D'AMOURS e SAVOIE, 2004).

Nessa perspectiva, os inoculantes bacterianos aparecem como importante ferramenta, contribuindo para a redução da proteólise enzimática resultante da rápida redução do pH dentro do silo, favorecendo a produção de grandes quantidades de ácido lático que possibilitam maior recuperação de matéria seca (HENDERSON, 1993). Durante a exposição aeróbia, as silagens tratadas com *L. bucheri* apresentam menor elevação do pH, perdas reduzidas de carboidratos solúveis e de ácido lático e maior tempo para ocorrer a elevação da temperatura, gerando uma relação positiva com a estabilidade aeróbia das silagens (RANJIT e KUNG Jr., 2000; TAYLOR et al., 2002).

Adicionalmente, há evidência que aditivos químicos constituídos por ácidos orgânicos inibem o crescimento de microrganismos indesejáveis e perdas de matéria seca da silagem (GOESER et al., 2015). Segundo Arthur (2019), aditivos que melhoram as características fermentativas do material ensilado tendem a reduzir a perda de matéria seca. Este mesmo autor, constatou em seu trabalho, efeito do combo químico (35% ácido propiônico, 21% de formato de sódio, 20% de ácido fórmico, 4% propionato de sódio e 20% de água) sobre a perda de matéria seca. Isso sugere sua eficiência na inibição do metabolismo de microrganismos que utilizam compostos da planta para seu desenvolvimento (especialmente carboidratos solúveis), que mantém a qualidade da silagem em ambientes aeróbios.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em uma propriedade rural, localizada na linha Km 13, do município Santo Antônio do Sudoeste, Paraná. O local apresenta altitude de 450 m, com precipitação média mensal de 103 milímetros (INMET, 2020). As amostras de solo para realização das análises foram coletadas em julho de 2021. A partir dos resultados da análise de solo (Tabela 1), foram realizados os cálculos para a correção de solo de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para o Estado do Paraná (2019), conforme a recomendação para cultura do milho para silagem para expectativa de rendimento de 12 t/MS/ha. No mês de agosto de 2021 foi realizada a aplicação de calcário dolomítico (PRNT 85%) com objetivo de elevar os níveis de pH de 4,5 para 6,0 na forma superficial, devido ao fato de ser um sistema de plantio direto consolidado.

TABELA 1 – Resultados da análise de solo da área utilizada para o cultivo de milho para elaboração de silagem de planta inteira.

| Argila (%) | pH/ H ₂ O | Índice SMP | P mg/L | M.O. (%) | Sat. Bases CTC | Sat. Al CTC | H + Al Cmol/L |
|------------|----------------------|------------|--------|----------|----------------|-------------|---------------|
| 64,0 | 4,5 | 5,3 | 5,9 | 2,6 | 32,3 | 13,1 | 9,7 |

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com três tratamentos (manejos de ensilagem): controle (sem inoculação ou ácidos orgânicos); inoculação no momento da ensilagem e; aplicação de ácidos orgânicos no momento da ensilagem e quatro repetições (microsilos). A área de plantio foi dessecada com uma mistura de herbicidas glifosato (3 L/ha) + 2,4 D (2 L/ha) associados ao adjuvante Sky (Agroceres Binova®).

Para produção da silagem utilizou-se o milho híbrido MG 556 com tratamento industrial de sementes com inseticida e fungicida POWECORE®, Cruiser® e Poncho® e na propriedade recebeu o tratamento com zinco, *Bacillus amyloquefencys* (produto comercial AgTecmon – Agroceres Binova®) dose de 1 L/ha e *Azospirillum brasilense* (produto comercial AgFx-Azos – Agroceres Binova®) na dose de 150 ml/ha. O híbrido MG 556 é uma cultivar de ciclo precoce de alto investimento com altura média de planta de 2,40 m, da empresa Morgan Sementes®, marca da empresa Long Ping High-Tech®, situada na cidade de Cravinhos estado de São Paulo. Suas principais características são a estabilidade produtiva, menor exposição ao ataque de insetos, flexibilidade em plantio e manejo além de alta sanidade de colmo e raiz.

O milho foi semeado sob palhada de milho em meados do mês de janeiro de 2022, com uma semeadora Semeato® empresa localizada na cidade de Passo Fundo estado do Rio Grande do Sul, de 7 linhas com espaçamento entre linhas de 0,5 metros, na densidade de 65.000 plantas viáveis/ha. No momento da semeadura realizou-se adubação com fertilizante NPK (fórmula 8-20-15), na dose de 413 kg/ha e, em cobertura de 1.000 kg/ha de fertilizante NK (fórmula 22-10), dividido em duas aplicações (V₄ e V₈). A aplicação de inseticidas para manejo da lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*), percevejo (*Euchistus heros* e *Diceraeus* spp.) e cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) foi realizado ao atingir o nível de controle. Para o tratamento de fungos fitopatogênicos foi utilizado o fungicida triazol + estrobilurina em V₈, altura máxima do trator para aplicação.

As plantas foram cortadas quando os híbridos atingiram teor de matéria seca média de 36%, realizando-se o corte 10 cm acima do nível do solo. Antes da realização do corte para confecção da silagem, foi realizada uma amostragem para estimativa da produção de matéria seca. Após colhido, o material foi submetido à forrageira JF 192 AT, buscando o tamanho de partículas entre 1 e 2 cm. Após o corte das plantas e processamento, quantidades de silagem necessárias para compor os tratamentos foram pesadas, colocadas nos microsilos na densidade de 600 kg/dm³, aplicado o tratamento (controle, inoculante ou ácidos orgânicos) e acondicionado em microsilos de PVC com 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, tendo capacidade total de 3,9 L. Para cada tratamento foram usadas quatro repetições (microsilos).

Para esse estudo foram utilizados como tratamentos o inoculante bacteriano (medida adotada na propriedade) à base de *Lactiplantibacillus plantarum*, *Enterococcus faecium* e *Lentilactobacillus buchneri*, o blend de ácidos orgânicos composto por ácido acético, benzóico e propiônico e o controle (sem aplicação de aditivos no momento da ensilagem). O inoculante e o blend foram diluídos em água destilada e aplicado no material a ser ensilado com borrifador na concentração recomendada pelo fabricante (4 gramas do produto bacteriano para cada tonelada de silagem e, para o blend de ácidos orgânicos 500 mL por tonelada de silagem).

Feito isso, uma amostra do material cortado foi retirada e submetida a secagem em uma estufa (metodologia descrita junto as análises laboratoriais) para determinação da MS no momento da ensilagem. Os microsilos foram mantidos fechados por 90 dias. Na abertura dos microsilos, o pH da silagem foi aferido (CHERNEY e CHERNEY, 2003) e o material removido foi homogeneizado e separado três subamostras por microsilo. Parte de cada uma dessas subamostras foram hidraulicamente prensadas (extração de líquido) para determinação do teor

de nitrogênio amoniacal ($N - NH_3$) do dia zero utilizando o método do fenol hipoclorito (WEATHERBURN, 1967). Esse processo foi novamente realizado aos sete dias após a abertura dos microsilos.

Cerca de 1,5 quilo de silagem foi colocado em sacos plásticos e acondicionados em caixas de poliestireno, transportadas ao laboratório onde foram mantidas fechadas sob temperatura ambiente. As temperaturas das amostras nas caixas foram aferidas duas vezes ao dia (8:00 e 17:30 h) por nove dias com um termômetro do tipo “espeto” inserido no centro da massa de silagem e, a temperatura externa, foi aferida utilizando um termômetro igual aos das caixas. Os valores obtidos foram utilizados para construir um gráfico.

Para avaliação das características microbiológicas, amostras (30 g) de silagem foram pesadas no dia da abertura dos microsilos e aos 4 e 7 dias após a abertura dos microsilos. A cada amostra foi adicionado 270 gramas de água destilada, homogeneizadas por 1 minuto em um agitador Lab-Blender Stomacher 400 e, posteriormente, filtradas. Após, placas de Petri contendo o meio de cultura YGC ágar (Fluka) foram utilizadas para determinação da população de leveduras e de fungos filamentosos, após 48 e 120 horas de incubação, respectivamente. Os números de microrganismos presentes nas placas de Petri foram contados como unidade formadora de colônia (UFC) e expressas como logaritmo na base 10.

Amostras coletadas logo após a abertura do silo e sete dias pós abertura foram secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 °C por 72 horas. Posteriormente, as amostras foram moídas em moinho tipo “Willey” com peneira de 1mm para determinação dos teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Os teores de MS foram determinados por secagem em estufa a 105 °C por, no mínimo, 12 horas e os teores de cinzas por meio da incineração em estufa tipo mufla por 550 °C por 4 horas. O nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldhal (AOAC, 1995) e os teores de PB estimados multiplicando-se os teores de N por 6,25. Para determinação dos teores de FDN e FDA foi utilizado a técnica sequencial proposta por Van Soest et al. (1991).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, por meio do procedimento MIXED. As médias foram comparadas pelo teste F, em nível de 5% de probabilidade do erro, e quando significativo o efeito do tratamento, do dia, ou da interação entre tratamento × dia, foram submetidos ao teste de Tukey para a comparação de médias. Para as análises utilizou o programa estatístico SAS *University*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerando os parâmetros avaliados na silagem, para pH (Tabela 2), houve interação entre tratamento \times dia da análise ($P < 0,05$). No dia de abertura dos silos (dia 0), verificou-se que não houve diferença entre os tratamentos, com silagens bem preservadas, apresentando valores de pH abaixo de 4,2, o que expressa uma boa qualidade de fermentação para a silagem de milho (KUNG e STOKES, 2002). Considerando os valores de pH após sete dias de exposição da silagem ao ar, o menor valor de pH obtido foi na silagem que não recebeu nenhum tipo de aditivo.

TABELA 2 - Potencial hidrogeniônico (pH) de silagens de milho com uso de aditivos químico ou biológico após diferentes períodos de fermentação.

| Tratamento | Tempo de exposição ao ar ¹ (dias) | | Média | CV % |
|-----------------|--|---------|-------|------|
| | 0 | 7 | | |
| ST ² | 3,64 b | 6,14 Ba | 4,89 | 7,1 |
| IN ³ | 3,57 b | 7,52 Aa | 5,54 | 6,4 |
| FR ⁴ | 3,55 b | 7,51 Aa | 5,53 | 6,4 |
| Média | 3,59 | 7,06 | | |
| CV % | 7,9 | 4,3 | | |

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ²ST = Sem tratamento. ³IN = Inoculante bacteriano. ⁴FR = Blend de ácidos orgânicos.

Este comportamento não era o esperado, visto que, com o uso de aditivos esperava-se obter uma maior estabilidade do pH após a abertura dos silos e, conseqüente, exposição da silagem ao ar. Contudo, Weinberg et al. (2007) constataram que inoculantes de diferentes cepas combinados podem reduzir a produção de ácidos pelos microrganismos, reduzindo os valores de pH. Por sua vez, Stokes e Chen (1994), não encontraram efeitos de inoculantes enzimáticos sobre o pH de silagens de milho. Comparando os valores de pH obtidos no dia da abertura dos silos com aqueles obtidos após sete dias de exposição ao ar, observou-se aumento em todos os tratamentos.

Não houve efeitos de tratamento e período de exposição ao ar sobre os teores de nitrogênio amoniacal (N-NH₃). Os valores médios obtidos foram de 8,4% para silagem sem tratamento, 8,1% para a silagem inoculada e de 6,9% para silagem que recebeu o tratamento com o blend de ácidos orgânicos. Os resultados foram inferiores aos encontrados por Morais e Boin (1996), de 11,76% de N-NH₃ para silagem de milho inoculada e 11,65% para as que não receberam nenhum tratamento. Os teores de nitrogênio amoniacal obtidos (abaixo de 10%) indicam muito boa fermentação da massa ensilada em todos os tratamentos (BENACHIO, 1965). Valores elevados são um indicativo da atuação de bactérias do gênero *Clostridium*,

principalmente, aquelas com atividade proteolítica, uma vez que esse composto é produzido em pequenas quantidades por outros gêneros que estejam presentes na massa ensilada (PAHLOW et al., 2003).

Para fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), não houve interação entre tratamento × dia da análise, havendo efeito significativo de tratamento (Tabela 3). Para os dois parâmetros analisados os menores valores foram observados nas silagens com adição de ácidos orgânicos e na que não recebeu nenhum tipo de aditivo. Phillip e Feller (1992) e Kung Jr. e Ranjit (2001) também não observaram respostas positivas da adição de inoculantes microbianos, contendo ou não enzimas, sobre a redução da fração FDN em silagens de milho. De maneira geral, todas as silagens observadas estão dentro dos valores ideais, apresentando valores menores que 50% de FDN e menores que 30% de FDA (PEREIRA, 2020).

TABELA 3 - Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) de silagens de milho com uso de aditivos químico ou biológico.

| | Tratamentos ¹ | | | Média | CV % |
|-----|--------------------------|-----------------|-----------------|-------|------|
| | ST ² | IN ³ | FR ⁴ | | |
| FDN | 35,50 b | 38,83 a | 32,96 b | 35,76 | 5,5 |
| FDA | 22,14 b | 27,60 a | 20,57 b | 23,43 | 9,8 |

¹Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ²ST = Sem tratamento. ³IN = Inoculante bacteriano. ⁴FR = Blend de ácidos orgânicos.

Segundo Silva e Queiroz (2002), valores de FDA e valor energético são inversamente proporcionais, assim, quanto menor for o valor do FDA, maior será o valor energético da silagem, sendo considerado ainda um bom indicador de digestibilidade. Desta forma, menores valores são desejáveis, desde que, não prejudiquem a ruminação, indicando-se que na dieta total, para vacas em lactação, deve haver entre 25 e 33% de FDN.

Para os teores de proteína bruta (PB) não houve interação entre tratamento x dia da análise, havendo efeito de tratamento e de dia da análise (Tabela 4). Quando considerado o efeito de tratamento, a silagem na qual foi aplicado o blend de ácidos orgânicos (FR) apresentou maior valor comparativamente com aquela que não houve aplicação de aditivos (ST), não diferindo, porém, da silagem que foi aplicada inoculante bacteriano (IN).

Os valores encontrados são maiores que os descritos por Rocha Jr et. al (2003), de 7,25% e de Costa et. al (2005), de 5,6%. Contudo, os resultados são semelhantes aos observados por Rodrigues et. al (2004), que obtiveram aumentos da quantidade de PB de 8,07% (material não inoculado) para 9,73% em silagens que receberam tratamento com inoculante. Maiores valores de PB nas silagens que receberam aditivos podem ser explicados pela menor degradação da

silagem por bactérias não desejáveis, como as do gênero *Clostridium*. Porém, esperava-se encontrar concomitantemente menores teores de nitrogênio amoniacal, o que, como já discutido, não ocorreu.

TABELA 4 - Proteína bruta (PB) de silagens de milho com uso de aditivo químico ou biológico, após diferentes períodos de fermentação.

| Tratamento | PB (%) | Dias | PB (%) |
|------------|--------|-------|--------|
| ST | 8,3B | 0 | 8,3B |
| IN | 8,8AB | | |
| FR | 9,0A | 7 | 9,1A |
| Média | 8,7 | Média | 8,65 |
| C.V % | 3,6 | C.V % | 3,2 |

Médias seguidas por letras distintas na coluna, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ²ST = Sem tratamento. ³IN = Inoculante bacteriano. ⁴FR = Blend de ácidos orgânicos. Dia 0 = Abertura dos silos. Dia 7 = 7 dias após abertura dos silos.

Já quando se observa o fator dias de exposição ao ar, ocorreu aumento do teor de PB com o tempo de exposição da silagem ao ar. Aumento dos teores de PB também foi observado por Bruning et al. (2017), o que pode ser explicado pelo consumo de carboidratos solúveis pela respiração ou ainda por microrganismos indesejáveis, fazendo com que, proporcionalmente obtenha-se maiores teores de PB.

Quanto aos teores de matéria seca aferidos em diferentes dias após abertura dos microsilos, houve apenas efeito de dia (Tabela 5). O maior teor de matéria seca foi detectado no nono dia de exposição do material ensilado ao ar. O aumento do teor de matéria seca na silagem após o período de exposição pode ser explicado pela perda de umidade da silagem, proveniente da desidratação causada pelo ar. Os resultados encontrados foram semelhantes aos de Chein e Weinberg (2014) que, trabalhando com silagem exposta ao ar, observaram aumento considerável nos valores de matéria seca, variando de 35,5% para a silagem não exposta ao ar e de até 38,9% para silagem expostas ao ar por 48 horas.

TABELA 5 - Valores de matéria seca (MS) de silagens de milho com uso de aditivo químico ou biológico expostas ao ar por nove dias.

| Períodos de exposição ao ar ¹ (dias) | | | | Média | CV % |
|---|---------|---------|---------|-------|------|
| 0 | 4 | 7 | 9 | | |
| 35,68 b | 31,84 c | 35,08 b | 38,12 a | 35,18 | 4,2 |

¹Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Dia 0 = Abertura dos silos. Dia 4 = 4 dias após abertura dos silos. Dia 7 = 7 dias após abertura dos silos. Dia 9 = 9 dias após abertura dos silos.

As variações de temperatura durante os nove dias de exposição ao ar estão representadas na figura 1. Segundo Muck (2004), silagens de alta qualidade como as de milho e sorgo são deterioradas principalmente por fungos filamentosos e leveduras. Ainda, a degradação aeróbica

dessas silagens pode ser causada por fungos e bactérias que utilizam açúcares residuais e produtos da fermentação, elevando a temperatura da massa ensilada em até 45 °C (ROTZ; MUCK, 1994).

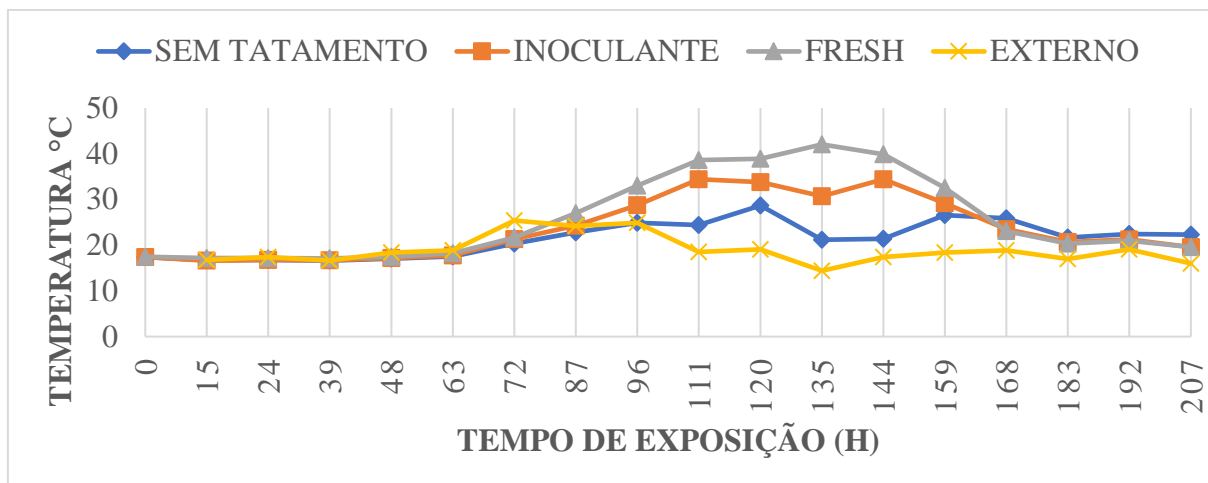


FIGURA 1 - Temperatura da silagem em função do tempo de exposição ao ar.

É possível observar que o tempo necessário para que o aumento da temperatura iniciasse foi semelhante entre os três tratamentos e que, o pico da temperatura foi atingido entre as 111 e 135 horas de exposição (Figura 1). A maior temperatura registrada foi a da silagem que recebeu o tratamento de ácidos orgânicos (42,05 °C) após 135 horas de exposição. O aumento da temperatura, no decorrer dos dias em aerobiose era esperado. Segundo Nishino et al. (2003), esse aumento se dá pelo consumo de nutrientes por parte dos microrganismos indesejáveis, resultando assim, na deterioração aeróbica das silagens.

Contrariamente ao esperado, a silagem que não recebeu aditivos foi a que obteve o menor pico de temperatura. Acredita-se que no momento da aplicação dos aditivos na ensilagem possa ter ocorrido algum tipo de contaminação, mesmo tendo-se tomado cuidados como o uso de água destilada para a diluição.

Na contagem de leveduras (Tabela 6) houve interação entre tratamento × dia. Ressalta-se que não foi possível realizar a contagem da amostra do dia da abertura do silo, analisando-se aquelas retiradas após 4 e 7 dias da abertura. No dia 4, na silagem que não recebeu aditivos, foi observada o menor desenvolvimento de leveduras. O mesmo não ocorreu após sete dias de exposição, pois houve aumento do desenvolvimento das leveduras nessa silagem, ficando maior que a do dia quatro e, igual aos demais tratamentos no dia sete. A silagem que não recebeu

tratamento teve o maior aumento de leveduras quando comparado às silagens tratadas com inoculante ou ácidos orgânicos.

TABELA 6 - Contagem de unidades formadoras de colônia de leveduras (Log_{10} UFC) em diferentes períodos de exposição.

| Tratamento | Período de exposição ao ar ¹ (dias) | | Média | CV % |
|-----------------|--|---------|-------|------|
| | 4 | 7 | | |
| ST ¹ | 10,86 Bb | 11,92 a | 11,39 | 5,4 |
| IN ² | 12,19 A | 12,45 | 12,32 | 5,0 |
| FR ³ | 11,80 A | 11,75 | 11,77 | 5,3 |
| Média | 11,61 | 12,04 | | |
| CV % | 3,4 | 3,3 | | |

¹Médias seguidas por letras distintas, maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). ²ST = Sem tratamento. ³IN = Inoculante bacteriano. ⁴FR = Blend de ácidos orgânicos.

Quanto a contagem de fungos filamentosos (Tabela 7), aferidos em diferentes dias após a exposição da silagem ao ar, houve apenas efeito de dia. Como esperado, a contagem de fungos aumentou durante o período em que as silagens ficaram expostas ao ar, partindo de 1,05 Log_{10} UFC de fungos/g de silagem no dia de abertura do silo para 10,39 Log_{10} UFC de fungos/g de silagem após sete dias de exposição ao ar.

TABELA 7 - Contagem de fungos filamentosos (Log_{10} UFC) em diferentes períodos de exposição.

| | Período de exposição ao ar ¹ (dias) | | | Média | CV % |
|--|--|--------|---------|-------|------|
| | 0 | 4 | 7 | | |
| | 1,05 c | 9,96 b | 10,39 a | 7,13 | 3,2 |

¹Médias seguidas por letras distintas na linha, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Dia 0 = Abertura dos silos. Dia 4 = 4 dias após abertura dos silos. Dia 7 = 7 dias após abertura dos silos.

Segundo Moon (1983), a associação dos ácidos propiônico e acético apresenta efeito sinérgico de redução do crescimento de fungos e leveduras. No presente trabalho, esse sinergismo não foi observado com utilização do blend de ácidos orgânicos, que possui esses dois ácidos mais o ácido benzoico. Ainda, Bernardes (2006) utilizando inoculante contendo a cepa de *Lactobacillus buchneri*, uma das bactérias presentes no inoculante do presente trabalho, observou redução no crescimento de leveduras quando a silagem foi exposta ao ar, comparativamente a silagem sem inoculação, obtendo 3,2 e 6,8 Log_{10} UFC/g, respectivamente.

6. CONCLUSÕES

O uso de aditivos no momento da ensilagem de milho de planta inteira altera a composição bromatológica da silagem. O aditivo químico à base de ácidos orgânicos (ácido acético, benzoico e propiônico) implica em maiores teores de proteína bruta, enquanto o inoculante bacteriano resulta em maiores teores de fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido.

A exposição da massa ensilada ao ar por longos períodos provoca aumento na temperatura, pH, fungos filamentosos e dos teores de matéria seca. Devido ao fato de se ter obtido alguns resultados diferentes daqueles esperados, conforme a literatura, sugere-se que mais estudos sejam realizados.

7. REFERÊNCIAS

- ARTHUR, B.A.V. **Efeito do aditivo químico a base de ácido propiônico e ácido fórmico em silagens de milho: perfil fermentativo e desempenho de vacas leiteiras.** 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.
- ASSIS, F.G.V. **Efeito de novos inoculantes na fermentação de silagens de milho.** 89 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – 2013.
- ASSOCIATION OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis.** 16. ed. Washington: AOAC, 1995. v. 2, 1015p.
- BOLSEN, K.K.; HUCK, G.L.; SIEFERS, M.K. et al. **Silage management: five key factors.** Manhattan: Kansas State University, 2000, 10 p.
- CAMILA, D. R. N. **Perfil fermentativo, composição química e estabilidade aeróbia de silagens de milho (*Zea mays*) acrescidas com capim tifton-85 (*Cynodon spp.*).** 68 p. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde – 2019.
- CHEN, Y; WEINBERG, Z.G. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 406–410, 2014.
- CHERNEY, J.H.; CHERNEY, D.J.R. Assessing silage quality. In: Buxton et al. **Silage Science and Technology**, Madison: Wisconsin, USA. 2003. p.141-198.
- COSTA, M.A.L. et al. Validação das equações do NRC (2001) para predição do valor energético de alimentos nas condições brasileiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 1, p. 280- 287, 2005.
- D'AMOURS, L.; SAVOIE, P. **Density profile of corn silage in bunker silos.** In: Annual International Meeting Sponsored. Ontario: ASAE/CSAE. 2004, 14p.
- DEMINICS, B.B. et al. Silagem de milho – características agronômicas e considerações. **Revista eletrônica de veterinária.** v. 10, n. 2, p 1-6, 2009.
- EMBRAPA. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA.** Brasília, 2012.

- EVANGELISTA, A.F. et al. Características de produção e crescimento de espécies forrageiras para produção de silagem. **Revista Nutri Time**, v 13, n 6, p 1-7. 2016.
- FACTORI, M.A. et al. Silagem da planta inteira de milho: pontos importantes a serem considerados. **Revista PUBVET**. v. 6 n. 17 p. 1363-1368, 2012.
- FILYA, I. The effect of *Lactobacillus buchneri* and *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of low dry matter corn and sorghum silages. **Journal of Dairy Science**, v. 86, p. 3575-3581, 2003.
- FUGITA, C.A. **Silagem de milho com e sem inoculante enzimo bacteriano sobre desempenho, características de carcaça e qualidade de carne de bovinos mestiços terminados em confinamento**. 55 p. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá/PR, 2010. p. 55.
- GHELLER, L. S. **Adição de ácidos orgânicos na dieta de vacas leiteiras**. 72 p. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2019.
- HENDERSON, N. Silage additives. **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, p. 35- 56, 1993.
- HOLMES, B.J.; MUCK, R.E. **Factors affecting bunker silos densities**. Madison: University of Wisconsin, 1999. 7p.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DO BRASIL – INMET. **Dados históricos anuais (2020)**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/dadoshistoricos>>. Acesso em: 23 ago. 2021.
- JOBIM C. et al. Avanços metodológicos na conservação da forragem conservadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 36 p. 101-119, 2007.
- KUNG JR., L.; RANJIT, N. K. The effect of *Lactobacillus buchneri* and other additives on the fermentation and aerobic stability of barley silage. **Journal of Dairy Science**, v. 84, n. 5, p. 1149- 1155, 2001.
- LALA, B. et al. Aditivos no processo de ensilagem. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 4, n. 3, p. 175–183, 2010.

MARIANA, M.L.T. **Padrão fermentativo da silagem de três cultivares de milho em diferentes tempos de abertura de silos.** 89 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

MORAES, G.J. et al. Produtividade e valor nutritivo das plantas de milho de textura dentada ou dura em três estádios de colheita para silagem. **Boletim de Indústria Animal**, v. 65, n. 2, p. 155-166. 2008.

MORGAN. **Guia de sementes, MG556,** 2020. Disponível em: <https://morgansementes.com.br/wp-content/uploads/2021/07/LP_0024_21_APRESENTACAO_GUIA_DE_SEMENTES_PR04.pdf>. Acesso em: 19 set. 2022.

NISHINO, N. et al. Accumulation of 1,2-propanediol and enhancement of aerobic stability in whole crop maize silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*. **Journal of Applied Microbiology**, v. 94, p. 800- 807, 2003.

NRC - **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**, 7th rev. edn. Natl. Acad. Press, Washington, DC, 2001, 405p.

PAZIANI, S.F. et al. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 38, n. 3, p. 411-417, 2009.

PEREIRA, C.H. **Análise bromatológica: o que é.** Disponível em: <<https://sementesbiomatrix.com.br/blog/silagem/analise-bromatologica>>. Acesso em: 22 jul. 2021.

PHILLIP, L.E.; FELLNER, V. Effects of bacterial inoculation of high-moisture ear corn on its aerobic stability, digestion and utilization for growth by beef steers. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 10, p. 3178-3187, 1992.

PITT, R.E. **Silage and hay preservation.** Ithaca: Northeast Regional Agricultural Engineering Service, 1990. 53p.

RABELO, C.H.S. **Silagem de milho inoculada ou não com *Lactobacillus Buchneri* sobre a estabilidade aeróbia e desempenho de tourinhos nelore.** 50 p. Dissertação (Mestre em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2013.

- RANJIT, N. K.; KUNG JR., 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**, v. 83, p. 526-535, 2000.
- ROCHA Jr., V.R. et al. Determinação do valor energético de alimentos para ruminantes pelo sistema de equações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 2, p. 473-479, 2003.
- RODRIGUES, P.H.M. et al. Valor nutritivo da silagem de milho sob o efeito da inoculação de bactérias ácido-láticas. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 31, n. 6, p. 2380-2385, 2002.
- RODRIGUES, P.H.M. et al. Avaliação do uso de inoculantes microbianos sobre a qualidade fermentativa e nutricional da silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 3, p. 538-545, 2004.
- SANTOS, E. M et al. Silagem de gramíneas tropicais. **Colloquium Agrariae**. v. 2, n. 1, p. 32–45, 2007.
- SEAB. **Prognóstico da cultura do milho 2020**. Departamento de economia rural – PR. Disponível em: <https://www.agricultura.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2020-12/Progn%C3%B3stico%20Milho%20-%202021.pdf>. Acesso em: 20 set. 2021.
- SPOELSTRA, S.F. et al. Acetic acid bacteria can initiate aerobic deterioration of whole crop maize silage. **Journal of Agricultural Science**, v. 111, p. 127-132, 1988
- TAYLOR, C.C. et al. The effect of treating whole-plant barley with *Lactobacillus buchneri* 40788 on silage fermentation, aerobic stability, and nutritive value for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 85, p. 1793-1800, 2002.
- VAN SOEST, P.J.; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and no starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 1, p. 3583-3597, 1991.
- WEATHERBURN, M.W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, v. 39, p. 971-974, 1967.
- WOOLFORD, M.K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, p. 101-116, 1990.

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, p. 170-189, 2009.