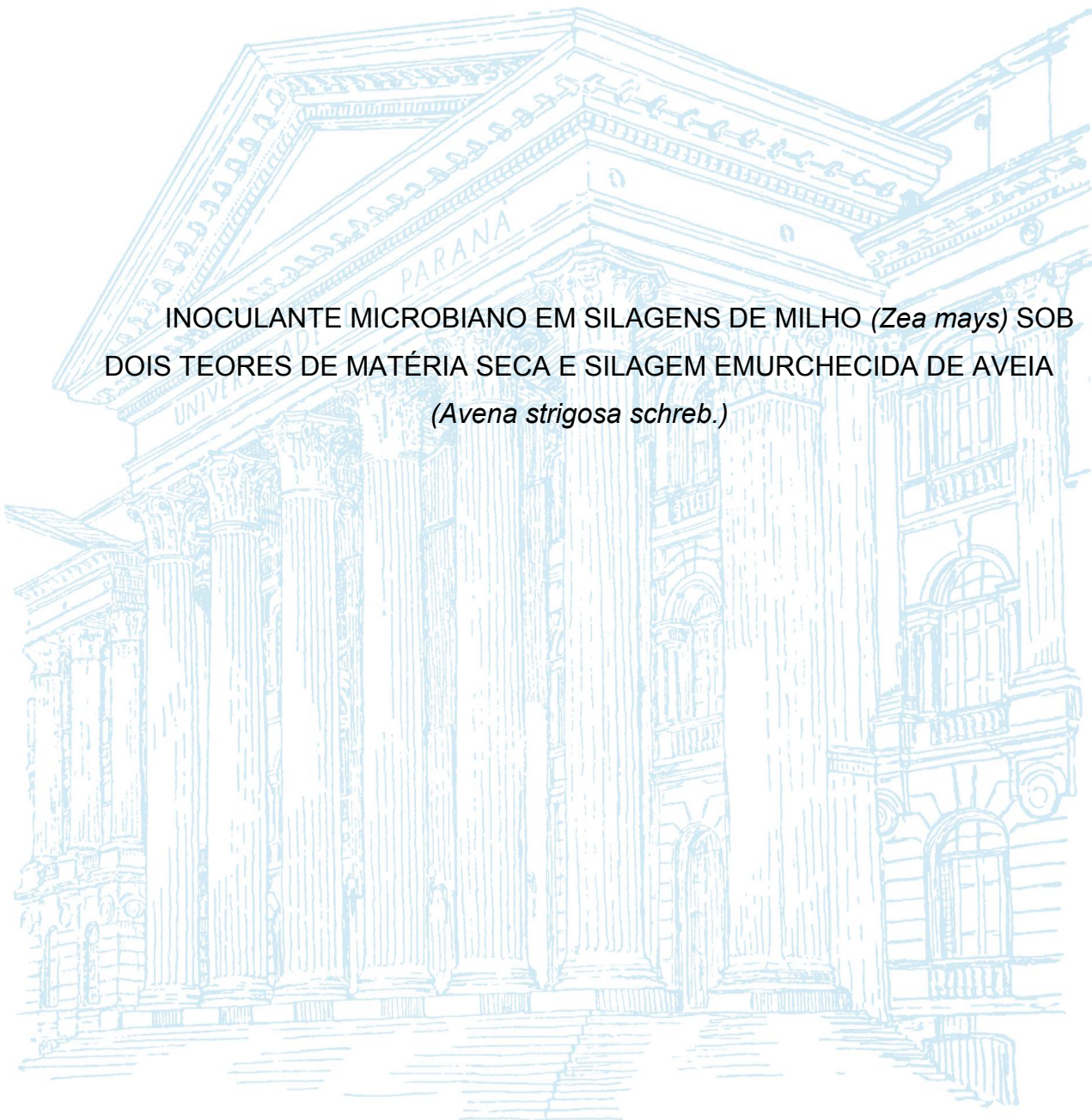


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

QUEILA GOUVEIA TAVARES

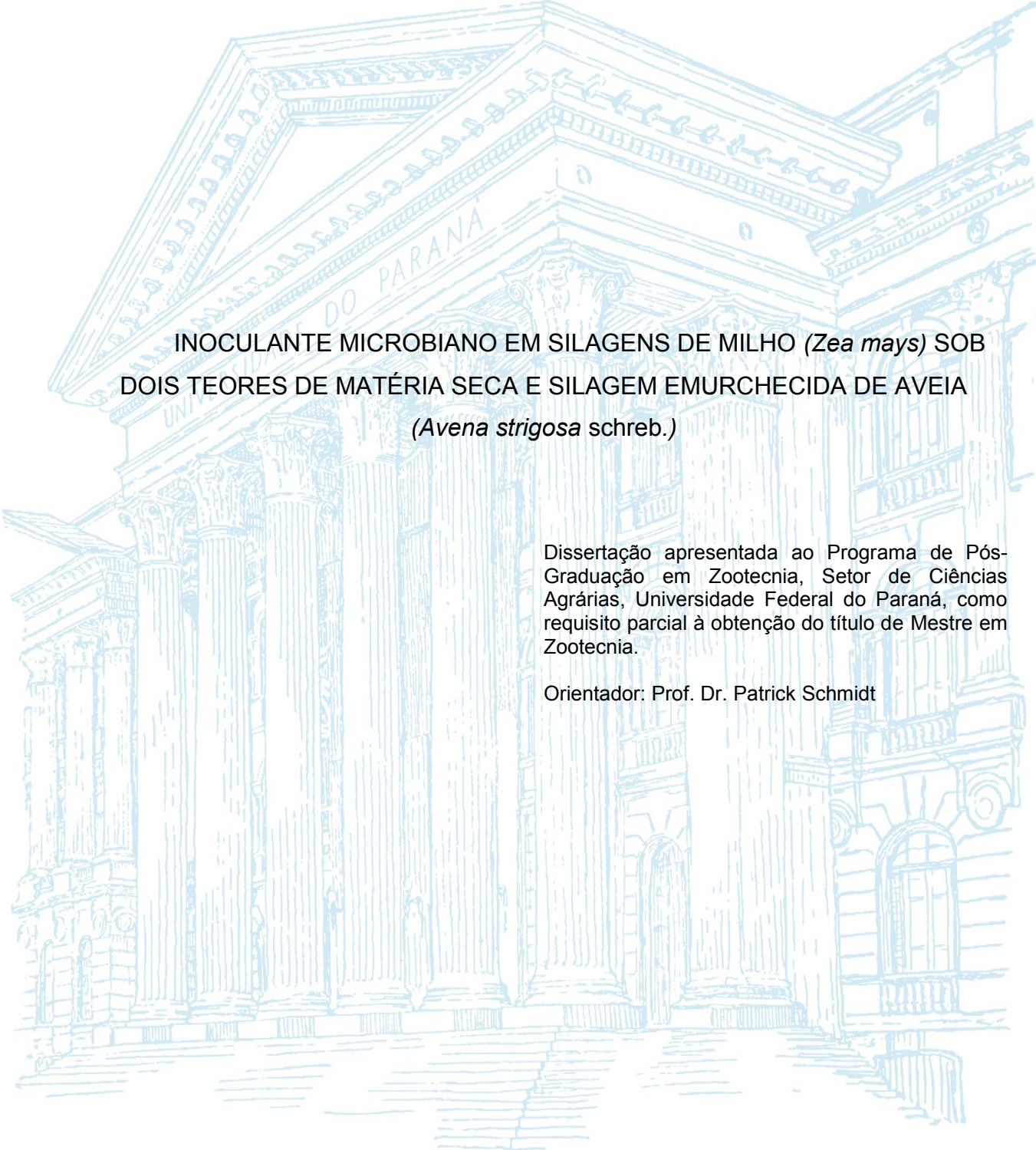
INOCULANTE MICROBIANO EM SILAGENS DE MILHO (*Zea mays*) SOB
DOIS TEORES DE MATÉRIA SECA E SILAGEM EMURCHECIDA DE AVEIA
(*Avena strigosa schreb.*)



CURITIBA

2021

QUEILA GOUVEIA TAVARES



INOCULANTE MICROBIANO EM SILAGENS DE MILHO (*Zea mays*) SOB
DOIS TEORES DE MATÉRIA SECA E SILAGEM EMURCHECIDA DE AVEIA
(*Avena strigosa* schreb.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Patrick Schmidt

CURITIBA

2021

Tavares, Queila Goveia

Inoculante microbiano em silagens de milho (*Zea mays*) sob dois teores de matéria seca e silagem emurchecida de aveia (*Avena strigosa* schreb.). / Queila Gouveia Tavares. - Curitiba, 2021.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Orientação: Patrick Schmidt.

1. Culturas forrageiras. 2. Milho - Silagem. 3. Inoculantes microbianos.
I. Schmidt, Patrick. II. Título. III. Universidade Federal do Paraná.

Sistema de Bibliotecas/UFPR
Guilherme Luiz Cintra Neves - CRB9/1572



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **QUEILA GOUVEIA TAVARES** intitulada: **INOCULANTE MICROBIANO EM SILAGENS DE MILHO (*Zea mays*) SOB DOIS TEORES DE MATÉRIA SECA E SILAGEM EMURCHECIDA DE AVEIA (*Avena strigosa schreb*)**, sob orientação do Prof. Dr. PATRICK SCHMIDT, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 26 de Março de 2021.

Assinatura Eletrônica

13/05/2021 14:34:07.0

PATRICK SCHMIDT

Presidente da Banca Examinadora (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

17/05/2021 10:18:16.0

MIKAEL NEUMANN

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE)

Assinatura Eletrônica

13/05/2021 14:25:33.0

MAITY ZOPOLLATTO

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5861 - E-mail: ppgz@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 91207

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 91207

Aos meus pais Edinaldo e Valéria.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Deus, que me deu forças, paciência e sabedoria para vencer os desafios durante estes dois anos.

A minha família, por todo carinho, paciência e apoio incondicional. Em especial ao meu pai Edinaldo por sempre acreditar que estudo não tem preço, a minha mãe Valéria, pelas ligações diárias, por sempre acreditar no meu sonho, e a minha irmã Marta, mesmo de longe sempre presente em todas as etapas da minha vida, sempre com palavras de incentivo. E aos meus avós pela torcida e orações. Eu amo vocês.

A minha querida amiga Joelma e sua família, que me acolheram quando cheguei em Curitiba, sem sequer me conhecer, minha eterna gratidão.

Ao meu namorado João, uma das pessoas mais incríveis que tenho a honra de ter ao meu lado. Obrigada por ter feito presente em todas as etapas do meu experimento, ser meu consolo nos momentos difíceis e me incentivar a todo tempo para que eu conquistasse meus objetivos, você foi essencial.

Ao professor Patrick, pela oportunidade de realizar meu sonho, pelos ensinamentos e se fazer presente em todas as etapas do experimento, pelas dicas, pela confiança e pelos conselhos não só acadêmicos e profissionais, mas conselhos de vida. Muito obrigada!

A professora Maity, por aceitar ser parte do meu comitê de orientação e parte da banca de defesa, por toda sabedoria repassada principalmente com a microbiologia, sempre sanando minhas dúvidas, e, sempre com ótimos conselhos que levarei para vida.

Ao professor Mikael por aceitar em participar da banca de defesa e por todas as contribuições feitas.

Aos amigos do CPFOR, meu mais singelo obrigada. Sem vocês nada seria possível. Em especial, Denise, Lucélia e Gabi, obrigada por toda ajuda. É na dificuldade que se constrói laços indestrutíveis.

A Natália por ser minha companheira de caminhada, pela ajuda com as disciplinas e escrita, pelas conversas, pelos passeios, pelas risadas. Sei que ganhei uma grande amiga para a vida.

Ao meu querido Chefe Saron, pela oportunidade do primeiro emprego, pela calma e paciência, pelos atrasos e faltas durante a realização do experimento. Por

sempre entender e ajudar, sempre que necessário. E aos meus colegas de trabalho, obrigada pela parceria e o conhecimento compartilhado.

Ao Duarte e ao Alberto pelas enormes dicas, e sempre tirarem minhas dúvidas. Vocês são excelentes profissionais!

Aos meus grandes professores da graduação, Wellyngton e Renata, por sempre acreditar no meu potencial e me incentivar a fazer o mestrado, quando crescer quero ser igual a vocês!

Ao Luizinho por sanar minhas dúvidas, por ser amigo e me incentivar quando achei que não conseguiria, obrigada por tudo!

Aos queridos amigos que fiz durante a jornada Letícia, Dante, Delane, Steffano, obrigada por tudo.

Aos meus amigos de vida, Carlos, Juliete e Lucas, meus mestrandos preferidos, obrigada por nunca me abandonarem e sempre acreditarem em mim, mesmo de longe estamos sempre cuidando um dos outros. Amo muito vocês.

Aos funcionários da UFPR, em especial o funcionário Sodré, por sempre atender nossa demanda tão bem e a Sílvia por toda disponibilidade em sempre tirar minhas dúvidas.

A Pioneer pelo suporte financeiro para a realização dos ensaios, ao 3RLab pela parceria na realização das análises bromatológicas, e ao Laboratório de Química da UFPR pela disponibilidade de realização das análises de AGVs.

A Universidade Federal do Paraná e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia pela oportunidade em realizar o mestrado.

A todos que me ajudaram a chegar até aqui, minha gratidão.

“Se a vida fosse fácil como a gente quer
Se o futuro a gente pudesse prever
Eu estaria agora tomando um café
Sentado com os amigos em frente à TV,
Eu olharia as aves como eu nunca olhei
Daria um abraço apertado em meus avós
Diria eu te amo a quem nunca pensei,
Talvez é o que o universo espera de nós.
Eu quero ser curado e ajudar curar também
Eu quero ser melhor do que eu nunca fui
Fazer o que eu posso pra me ajudar
Ser justo e paciente como era Jesus
Eu quero dar mais valor até o calor do sol
Que eu esteja preparado pra quem me conduz
Que eu seja todo dia como um girassol
De costas pro escuro e de frente pra luz”.

– Whinderson Nunes e Priscilla Alcântara

“Deus, só você sabe o que passei pra chegar até aqui.
Toda montanha, tudo que eu atravesssei, quase parei. Tanto tropeço e espinho não
aguentava mais andar. Deus quantas vezes, me perdi no caminho que eu mesmo criei,
nele vi muitas saídas que eu tinha certeza que era Você. Deus eu corri sem cessar,
quando eu cai me ergueu.” – Priscilla Alcântara e Preto no branco

RESUMO

Este trabalho constou da realização de dois experimentos conduzidos no Centro de Pesquisas em Forragicultura (CPFOR) da Universidade Federal do Paraná, sendo ensaio 1: Avaliação da qualidade de silagens de milho colhidas em dois teores de matéria seca (32% e 42%) com ou sem tratamento com inoculantes microbianos (11C33 – inoculante comercial composto de bactérias *L. plantarum* e *L. buchneri*, na proporção de 110.000 UFC/g ($1,1 \times 10^5$ UFC/g), em delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, sendo o ensaio de milho em esquema fatorial 2 x 2; e ensaio 2: Avaliação da silagem de aveia preta emurchecida com tratamento com dois inoculantes microbianos (11G22 – inoculante comercial composto por bactérias *L. plantarum*, *L. buchneri* e *E. faecium*, na proporção de 100.000 UFC/g ($1,1 \times 10^5$ UFC/g) e 11C33 – inoculante comercial composto de bactérias *L. plantarum* e *L. buchneri*, na na proporção de 110.000 UFC/g ($1,1 \times 10^5$ UFC/g). Após 74 e 64 dias de armazenamento dos ensaios 1 e 2 respectivamente, foram determinadas perdas no processo fermentativo, composição bromatológica, teores de ácidos orgânicos e etanol, contagem de grupos microbianos, estabilidade aeróbica e perda de MS durante a exposição aeróbia. As silagens inoculadas apresentaram maior produção de ácido acético e etanol, enquanto silagens controle apresentaram menores concentrações de ácido lático. O uso de inoculante não alterou a produção de gases dos tratamentos avaliados nas silagens de aveia. Verificou-se aumento nas populações de bactérias ácido lácticas e redução da população de leveduras nas silagens de milho inoculadas, porém não verificado para as silagens de aveia. O uso de aditivos alterou a composição bromatológica das silagens de aveia, e a inoculação diminuiu os teores de MS, elevou os teores de fibra e aumentou as perdas fermentativas. O aditivo tornou a silagem mais estável em aerobiose em relação à controle para ambas culturas.

Palavras-chave: *E. faecium*, Inoculantes, *L. plantarum*, *L. buchneri*, Maturidade fisiológica, Perdas fermentativas.

ABSTRACT

This work consisted of the realization of two experiments conducted at the Center for Research in Forage (CPFOR) of the Federal University of Paraná, being test 1: Evaluation of the quality of corn silages harvested in two dry matter contents (32% and 42%) with or without treatment with microbial inoculants (11C33 - commercial inoculant composed of bacteria *L. plantarum* and *L. buchneri*, in the proportion of 110,000 CFU / g (1.1×10^5 CFU / g), in a completely randomized design, with five replications, being the corn test in a 2 x 2 factorial scheme; and test 2: Evaluation of wilted black oat silage with treatment with two microbial inoculants (11G22 - commercial inoculant composed of *L. plantarum*, *L. buchneri* and *E. faecium* bacteria, in proportion 100,000 CFU / g (1.1×10^5 CFU / g) and 11C33 - commercial inoculant composed of bacteria *L. plantarum* and *L. buchneri*, in the proportion of 110,000 CFU / g (1.1×10^5 CFU / g) After 74 and 64 days of storage of trials 1 and 2 respectively again, losses in the fermentation process, chemical composition, organic acid and ethanol contents, count of microbial groups, aerobic stability and loss of DM during aerobic exposure were determined. The inoculated silages showed higher production of acetic acid and ethanol, while control silages showed lower concentrations of lactic acid. The use of inoculants did not alter the production of gases from the treatments evaluated in oat silages. There was an increase in the populations of lactic acid bacteria and a reduction in the yeast population in the inoculated corn silages, but not verified for oat silages. The use of additives altered the chemical composition of oat silages, and inoculation decreased DM levels, increased fiber levels and increased fermentative losses. The additive made the silage more stable in aerobic conditions compared to the control for both cultures.

Key-words: *E. faecium*, Fermentation losses, inoculants, *L. plantarum*, *L. buchneri*, Physiological maturity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Curva de pH entre os tratamentos da silagem (32,1% e 42,5% MS) em aerobiose.....	46
FIGURA 2 – Precipitação, umidade relativa do ar e temperatura média durante as etapas de ensilagem.....	53
FIGURA 3 – Produção de gases em silagens de aveia, durante a estocagem.....	59
FIGURA 4 – Gráfico da curva de pH entre os tratamentos da silagem de aveia em aerobiose.....	61

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Características químicas e microbiológicas das plantas de milho no momento da ensilagem	36
TABELA 2 – Composição química-bromatológica e concentração de compostos voláteis da silagem de milho, sem aditivos (Controle) ou com uso de Aditivo 11C33 sob dois teores de MS.....	39
TABELA 3 – Desdobramento da interação Inoculante X matéria seca da variável proteína bruta.....	41
TABELA 4 – Perdas fermentativas em silagem de milho sem inoculante (controle) ou inoculada com 11C33	42
TABELA 5 – Desdobramento da interação Inoculante X matéria seca para as variáveis perda por gases e efluente.....	43
TABELA 6 – Contagens microbianas (log UFC/g) em silagens de milho sem inoculante ou inoculadas com 11C33	43
TABELA 7 – Estabilidade aeróbia em silagem de milho sem inoculante (controle) ou inoculada com 11C33 sob dois teores de MS.....	44
TABELA 8 – Desdobramento da interação Inoculante X matéria seca na estabilidade aeróbia (PMSea).....	45
TABELA 9 – Características químicas e microbiológicas de aveia no momento da ensilagem.....	55
TABELA 10 – Composição química-bromatológica das silagens de aveia sem inoculante (controle) ou inoculadas com inoculantes microbianos.....	56
TABELA 11 – Perdas fermentativas em silagens de aveia tratadas ou não com inoculantes microbianos.....	58
TABELA 12 – Contagens microbianas em silagem de aveia sem inoculante (Controle) ou inoculada com bactérias ácido lácticas.....	60
TABELA 13 – Estabilidade aeróbia em silagens de aveia tratadas ou não com inoculantes microbianos.....	60

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGV – Ácidos graxos voláteis

BAL – Bactérias ácido lácticas

CO₂ – Dióxido de carbono

CS – Carboidratos solúveis

EA – estabilidade aeróbia

EE – Extrato etéreo

FDA – Fibra insolúvel em Detergente Ácido

FDN – Fibra insolúvel em Detergente Neutro

ha – hectare

HPLC – Cromatografia Líquida de Alto Desempenho

MS – Matéria seca

MV – Matéria verde

NIRS – Refletância no Infravermelho Próximo

PB – Proteína Bruta

pH – Potencial hidrogeniônico

PMSea – Perda de matéria seca durante a estabilidade aeróbia

Tmax – Temperatura máxima atingida pela silagem durante a exposição aeróbia

t – Tonelada

UFC – Unidades Formadoras de Colônias.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	16
2. CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – USO DE ADITIVOS MICROBIANOS EM SILAGENS DE MILHO (<i>ZEA MAYS</i>) E AVEIA (<i>AVENA STRIGOSA</i> SCHREB)	18
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL DO USO DE SILAGENS.....	18
2.2 PROCESSO DE ENSILAGEM.....	18
2.3 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA DE MILHO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM.....	19
2.4 EFEITO DO TEOR DE MATÉRIA SECA (MS) NA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO.....	20
2.5 UTILIZAÇÃO DE AVEIA PARA PRODUÇÃO DE SILAGENS.....	21
2.5.1 MICRORGANISMOS INDESEJÁVEIS.....	22
2.5.2 EMURCHECIMENTO.....	23
2.6 USO DE INOCULANTES MICROBIANOS EM SILAGENS.....	23
2.7 ESTABILIDADE EM AEROBIOSE.....	26
REFERÊNCIAS	27
3. CAPÍTULO II – PERFIL FERMENTATIVO, QUALIDADE, PERDAS E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO SOB TEORES DE MATÉRIA SECA COM OU SEM INOCULANTE MICROBIANO	33
3.1 RESUMO.....	33
3.2 INTRODUÇÃO.....	34
3.2.1 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.2.1.1 IMPLANTAÇÃO E CORTE DA CULTURA.....	35
3.2.1.2 TRATAMENTOS E INOCULAÇÃO.....	36
3.2.1.3 ENSILAGEM.....	36
3.2.1.4 AMOSTRAGEM E ANÁLISES.....	37
3.2.1.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
CONCLUSÃO	47
REFERÊNCIAS:	47
4. CAPÍTULO III – PERDAS FERMENTATIVAS, ESTABILIDADE AERÓBIA E MICROBIOLOGIA DE SILAGENS DE AVEIA EMURCHECIDA COM INOCULANTES BACTERIANOS	52

4.1 RESUMO.....	52
4.2 INTRODUÇÃO	53
4.2.1 MATERIAL E MÉTODOS	54
4.2.1.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO.....	54
4.2.1.2 IMPLANTAÇÃO E CORTE DA CULTURA	54
4.2.1.3 TRATAMENTOS	55
4.2.1.4 ENSILAGEM	55
4.2.1.5 AMOSTRAGEM E ANÁLISES.....	56
4.2.1.6 DELINEAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	57
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.4 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS:	63
CONSIDERAÇÕES FINAIS	66

1. INTRODUÇÃO GERAL

Devido à demanda crescente de produtos de origem animal, busca-se a intensificação dos sistemas de produção, aumentando assim a demanda por alimentos, com destaque para alimentos conservados (RODRIGUES, 2014).

O uso de silagem na dieta dos ruminantes aumentou consideravelmente nas últimas décadas, sendo a ensilagem a principal forma de armazenamento de forragens utilizada pelos produtores, devido a boa relação custo: benefício, e flexibilidade de utilização dentro da propriedade. No sul do Brasil, especificamente, a produção de silagem de milho no verão, seguida pelo plantio e ensilagem de gramíneas de inverno, como a aveia-preta, é uma prática consolidada.

Tradicionalmente, recomenda-se que forragens sejam ensiladas com teor de matéria seca (MS) variando entre 30 e 35%. Contudo, nem sempre é possível colher o material com o teor de MS ideal devido a fatores como uso de maquinários alugados e adversidades climáticas. Por isso, é necessário conhecer os efeitos de mudanças no ponto de colheita sobre o processo fermentativo e a efetividade do uso de aditivos nessas condições. Plantas de milho atingem naturalmente essa “faixa ideal”, mantendo-a por 10 a 14 dias; contudo, atrasos na colheita podem forçar o produtor a colher a planta sob teores mais elevados de MS. Por outro lado, gramíneas de inverno são mais úmidas durante seu crescimento vegetativo, e só atingem o ponto de MS ideal quando sua qualidade já está bastante comprometida, em função do acúmulo de carboidratos estruturais. Por isso, o uso de técnicas como o emurchecimento (pré-secagem) e uso de aditivos podem evitar ou controlar o crescimento de microrganismos indesejáveis, reduzindo fermentações secundárias prejudiciais à qualidade da silagem.

Visando a melhora do processo fermentativo e eficiência na preservação do valor nutritivo de silagens, pesquisas sobre uso de aditivos químicos e microbianos são realizadas com intuito de otimizar o processo de fermentação, e possível digestibilidade das frações de fibra e amido dos alimentos, promovendo o desenvolvimento de bactérias ácido lácticas, e a inibição de leveduras, clostrídios e fungos filamentosos que são microrganismos indesejáveis no processo de ensilagem (BACH, 2015).

Os resultados obtidos através de ensaios experimentais avaliando aditivos microbianos em silagens são extremamente variáveis, parte devido à diversidade de

metodologias utilizadas. Assim, julga-se necessária a realização de mais estudos que avaliem as alterações que ocorrem na forragem conservada durante o processo de ensilagem e como essas alterações modificam a qualidade do produto final, levando em consideração novos aditivos, novas cepas microbianas, novas metodologias e também a colheita da forragem com teores de matéria seca distintos.

Analisar a possibilidade de uso de um inoculante específico para o milho na silagem de aveia, em comparação com um inoculante específico de aveia, pode responder questionamentos corriqueiros de muitos produtores sobre a especificidade dos aditivos em silagens, de modo que os produtores possam utilizar (ou não) um único produto em duas safras.

Desta forma, esse trabalho tem como objetivo avaliar a composição química, perdas fermentativas, estabilidade aeróbia e a contagem microbiana de silagens de milho e aveia, com e sem aditivo microbiano específico, e com teores de matéria seca distintos.

2. CAPÍTULO I - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – Uso de aditivos microbianos em silagens de milho (*Zea mays*) e Aveia (*Avena strigosa* Schreb).

2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO GERAL DO USO DE SILAGENS

De acordo com Rodrigues et al. (2014), a produção de leite, em sua grande maioria, desenvolve-se em pequenas propriedades, com baixo investimento e baixo nível tecnológico. Sabendo-se que a melhora na alimentação pode aumentar a produtividade, mas que a suplementação com alimentos concentrados pode elevar os custos de produção, recomenda-se a utilização de práticas que permitam otimizar a utilização de volumosos de qualidade, verdes ou conservados. Essa é uma opção valiosa para dietas de ruminantes, podendo aumentar a lucratividade do sistema de produção.

Assim, a suplementação volumosa mais conhecida e usada no mundo é a silagem, sendo as plantas mais utilizadas para essa prática as leguminosas e gramíneas, no qual destacam-se: alfafa, capins de climas tropicais e de clima temperados, cana-de-açúcar, milho e sorgo (ANJOS, 2017).

2.2 PROCESSO DE ENSILAGEM

O processo de conservação de forragens, conhecido como ensilagem, é um método que consiste em conservar alimentos por meio de fermentação anaeróbia, produzindo um alimento chamado silagem. A ensilagem consiste em colher a forragem, picá-la, acondicioná-la no silo, compactá-la e protegê-la com a vedação do silo para que haja a fermentação natural. Assim, o principal objetivo da ensilagem é a preservação dos nutrientes da forragem no momento da colheita ao momento para que esta seja fornecida aos animais em momento oportuno (ANJOS, 2017).

Após a colheita da forragem, o material é processado em partículas de 10 mm, para facilitar a compactação no silo e contribuir para remoção de oxigênio entre as partículas de forragem (DUNIÈRE et al., 2013). Posteriormente, o material deve ser compactado em cerca de 600 a 700 kg de massa verde/m³ e vedado rapidamente com a utilização de lonas. A anaerobiose é necessária para a correta atividade microbiana, com predomínio de bactérias ácido lácticas (JOBIM et al., 2007). Isso mantém os teores

de nutrientes e matéria seca (MS), evitando ação de microrganismos indesejáveis (SANTOS et al., 2013).

De acordo com Weinberg et al. (2007), a ensilagem de forrageiras baseia-se em um processo de fermentação, em que os carboidratos solúveis são fermentados, resultando em ácido láctico. Esse por sua vez reduz o pH, inibindo o crescimento de microrganismos espoliadores e preservando o material ensilado.

Segundo Pahlow et al. (2003), o processo de ensilagem é dividido em quatro fases, de diferentes durações e intensidades. A primeira é a fase aeróbia inicial, caracterizada pela presença de oxigênio junto ao material que será ensilado. Após o estabelecimento das condições de anaerobiose começa a segunda fase, e os microrganismos anaeróbios dominam o processo de fermentação. A terceira fase é chamada de fase estável. Neste momento, somente a hidrólise ácida de polissacarídeos e a proteólise são mantidas, como resultado da atividade de enzimas ácido-tolerantes. Por fim, tem-se a fase de desabastecimento do silo, onde, após a abertura do silo, a silagem, que foi previamente mantida sob condições de anaerobiose, é exposta ao oxigênio. Nesse sentido, as bactérias hetero e homofermentativas inoculadas são responsáveis por auxiliar o processo fermentativo e ajudar na estabilidade em aerobiose do material pós abertura.

2.3 CARACTERÍSTICAS DA PLANTA DE MILHO PARA PRODUÇÃO DE SILAGEM

O milho (*Zea mays*) destaca-se como a planta mais utilizada no mundo para o processo de ensilagem, sendo considerada a cultura referência para produção de silagens, devido ao seu alto teor energético, qualidade nutricional e eficiência produtiva (DUNIÈRE et al., 2013; SANTOS et al., 2016; BORÉM et al., 2017). Ainda, apresenta outras características que são consideradas ótimas para o processo de fermentação, tais como: teor de matéria seca (MS) entre 30% e 35% de fácil obtenção, mais de 3% de carboidratos solúveis (CS) na matéria natural e baixo poder tampão, quando colhida em maturidade adequada (NUSSIO et al., 2001).

Para Reinehr et al. (2012), as cultivares para produção de silagem devem possuir características importantes como alta produtividade, elevada participação de grãos na matéria seca, resistência a pragas e doenças, menores teores de fibra em detergente neutro (FDN), além de serem tolerantes ao uso de defensivos agrícolas que facilitem as práticas de cultivo e controle de plantas daninhas. Tais características

propiciarão aos animais maiores respostas em produtividade. Outro fator importante para a escolha de híbridos é a produção de MS. Carbonare (2016) verificou grande variação (7.177 a 23.647 kg/ha) entre 14 genótipos para essa variável; essa variação de 230% também foi observada no quesito produção de grãos. Segundo Beleze et al. (2003), a seleção de híbridos de milho para a produção de silagem depende de muitos fatores, entre eles a participação e a qualidade de cada componente presente na planta, os quais irão interferir diretamente no teor de MS total.

2.4 EFEITO DO TEOR DE MATÉRIA SECA (MS) NA PRODUÇÃO DE SILAGEM DE MILHO

A realização de estudos na cultura do milho que envolvam aspectos agrônômicos e de valor nutritivo permite definir pontos ideais de corte para se propiciar um bom processo de ensilagem, com máxima produtividade e rendimento da cultura por ha, bom valor nutritivo do material e baixas perdas. O avanço do estágio de maturação eleva o teor MS, e influencia a qualidade da silagem. Silagens com baixo teor de MS propiciam perdas pela produção de efluentes, já silagens com alto teor de MS dificultam a compactação, podendo aumentar as perdas devido à degradação por microrganismos aeróbios (OLIVEIRA, 2016); por outro lado, essas silagens têm a máxima deposição de amido nos grãos, elevando o conteúdo energético da massa colhida.

No momento da implantação de uma área destinada à produção de forragem, deve-se considerar a época de plantio e ponto de corte das plantas, os quais são fatores que são estudados devido à influência sobre a qualidade final da silagem (VALLE et al., 2009; SANTOS, 2013).

Majee et al. (2008) afirmaram que existe interação cultivar x ponto de corte para várias características de composição da planta, podendo alterar a qualidade final do alimento, com destaque para o momento da decisão em produzir silagem de milho. Portanto, é consenso afirmar que o momento ideal para colheita e ensilagem da planta de milho é quando esta apresenta teor de MS entre 30% e 35%. Entende-se que a colheita anterior ao estágio pastoso implica em perda de produção de MS total e amido, e lixiviação de nutrientes no silo. Do mesmo modo, a colheita após o estágio farináceo aumenta o risco de acamamento das plantas no campo, maior incidência de doenças foliares, aumento da porcentagem de folhas secas na forragem, perda na

qualidade da fração fibrosa, e pode elevar a perda de amido e/ou grãos inteiros nas fezes dos animais (RODRIGUES et al., 2014). Contudo, Carbonare (2020), avaliando 470 propriedades leiteiras, verificou que não foi possível obter relação significativa com o teor de matéria seca da planta com a perda de grãos nas fezes dos animais, em virtude da grande influência do processamento mecânico no corte.

Segundo Zopollatto et al. (2009), o avanço do estágio de maturidade resultou em redução na massa verde e aumento da MS em diferentes híbridos de milho, além de aumentar a proporção de grãos no ponto de ensilagem, variando de 32,4 a 36,6%. Corroborando, Rossi (2020), avaliando híbridos de milho com 25, 30 e 35% MS, verificou que com o avanço da maturidade obteve-se maior produtividade de MS (246, 306 e 353 g/kg de MS, respectivamente) e maiores porcentagens de grãos. O avanço no teor de MS da planta inteira de milho aumenta a energia líquida devido a maior participação de grãos na estrutura da planta (0,77% ao dia), por outro lado, os níveis proteicos são reduzidos em decorrência da diminuição da participação de colmo e folha, 0,38% e 0,45% ao dia, respectivamente (HORST, 2020). Por isso, o ponto de colheita para a confecção da silagem é imprescindível e deve buscar o equilíbrio entre os nutrientes de interesse, pois afetarão diretamente a composição, qualidade e consumo desse alimento (CAETANO, 2001).

2.5 UTILIZAÇÃO DE AVEIA PARA PRODUÇÃO DE SILAGENS

A aveia (*Avena sativa*) é uma cultura anual de inverno (ciclo fotossintético C3) pertencente à família *Poaceae*, do gênero *Avena*, de porte ereto, podendo alcançar de 0,6 a 1,5 m de altura, e suas inflorescências são panículas piramidais (BALL et al., 2002).

Caracteriza-se por ser de fácil semeadura e manejo, o que traz inúmeras vantagens ao produtor, que concede sua utilização para formação de pastagem temporária, capineira e conservação sob a forma de silagem emurhecida (pré-secada) ou integral, proporcionando oferta de forragem de qualidade para os animais nos períodos de estiagem (NUNES et al., 2011). Ainda, é comumente utilizada em sistemas de Integração Lavoura-Pecuária na região Sul do Brasil devido a sua boa produtividade (10 a 30 t de massa verde/ha e 2 a 6 t de matéria seca/ha), com teores de proteína bruta (PB) próximo aos 13% (DEMÉTRIO et al., 2012; SOARES et al., 2013).

A ensilagem da aveia possui relevância do ponto de vista econômico, uma vez que visa armazenar o excedente de forragem para parcialmente substituir outros alimentos que já são utilizados tradicionalmente para ensilagem, como as culturas de milho e sorgo (PARIS et al., 2015).

Segundo Fontaneli et al. (2009), o corte da aveia deve ocorrer antes do florescimento nos estádios em que a planta esteja mais jovem, anteriormente à formação dos grãos, em razão do teor nutricional reduzir de acordo com o avanço da maturidade, contudo pode depender do que o produtor precisa na dieta podendo ser colhida durante o estágio farináceo. Porém, em estádios iniciais, o teor de umidade é elevado, fator este desfavorável à produção de silagens em função do crescimento de microrganismos indesejáveis, como bactérias do gênero *Clostridium*, e à ocorrência de hidrólise de proteínas e perdas de nutrientes solúveis por efluentes (PARIS et al., 2015). O uso de aditivos absorventes ou o emurchecimento da forragem são técnicas recomendadas para evitar esses problemas (TAVARES et al., 2009).

Segundo Zamarch (2013), a silagem de aveia, quando comparada à silagem de milho, apresenta maiores teores de proteína bruta, fração fibrosa, lignina e minerais, e menor teor de extrato etéreo, resultando em menor teor energético da silagem e digestibilidade *in vitro* da matéria seca. Contudo, em função de diferenças em ciclo produtivo, as duas espécies não competem entre si, e são complementares em muitas propriedades pecuárias do Sul do Brasil.

2.5.1 MICRORGANISMOS INDESEJÁVEIS

Os microrganismos que ocorrem naturalmente na silagem podem ser classificados em microrganismos desejáveis (benéficos à conservação), como as bactérias ácido lácticas (BAL), e microrganismos indesejáveis que não atuam de forma benéfica ao processo, como: enterobactérias, clostrídios, fungos filamentosos e leveduras (MUCK, 2010). O desenvolvimento desses organismos é prejudicial às silagens pois, além de não contribuírem de forma relevante com o abaixamento do pH, consomem açúcares solúveis e outros nutrientes, o que representa perdas de MS e energia (MACÊDO et al., 2017).

Os efeitos oriundos dos microrganismos indesejáveis podem ser reduzidos através das corretas práticas de manejo, e da utilização de aditivos microbianos, que

competem de forma mais eficiente pelos carboidratos disponíveis. Porém, sua eficácia depende de a aptidão da bactéria inoculada crescer rapidamente na massa de forragem recém armazenada, da presença de substrato adequado e da população de bactérias inoculadas em relação à população epifítica da forragem (ZOPOLLATTO et al., 2009). Dessa maneira, os microrganismos indesejáveis não conseguem competir por substrato, reduzindo as chances de obtenção de uma silagem de má qualidade.

2.5.2 EMURCHECIMENTO

A técnica de emurchecimento é comumente utilizada, e, tem por objetivo a redução do teor de umidade das plantas por meio de desidratação parcial antes da ensilagem. A técnica consiste no corte e exposição do material no campo, tendo por finalidade aumentar o teor de MS, pois durante este processo parte da fração úmida da planta é evaporada, o que melhora o perfil fermentativo destas silagens (CARVALHO et al., 2008; SILVA, 2016).

Segundo Jobim et al. (2007), para a ensilagem de plantas forrageiras que apresentam MS inferior a 21%, os riscos de fermentação indesejável são maiores, demandando o uso de recursos que, de alguma forma, modifiquem esta situação. Por isso, utiliza-se frequentemente o processo de emurchecimento do material no campo, fato este observado em silagens de aveia preta, para evitar a produção de silagens de baixa qualidade e com elevadas perdas por efluentes, devido à alta atividade da água.

Dentre as vantagens desse processo podemos citar a inibição do crescimento de microrganismos indesejáveis, principalmente do gênero *Clostridium*, e permitir a dominância de bactérias ácido lácticas (BAL), que reduzirão o pH, e conservar o alimento. Além disso, Berto e Mühlbach (1997) constataram que, em relação à forragem verde, o emurchecimento da aveia preta elevou os teores de MS (de 15,3 para 31,2%) e de carboidratos solúveis (de 2,9 para 3,3%), além de reduzir o poder tampão (de 51,9 para 44,3 meq NaOH/100g MS). Contudo, pode haver limitações no processo, como, por exemplo, mão de obra, condições climáticas adversas e, caso se estenda por muitos dias, pode haver consumo exacerbado de carboidratos solúveis.

2.6 USO DE INOCULANTES MICROBIANOS EM SILAGENS

A utilização de aditivos microbianos tem sido um dos assuntos mais abordados nos últimos anos, em temas relacionados a silagens. Pesquisas têm sido realizadas com intuito de estudar os fatores que podem interferir em recuperação de MS, nutrientes, energia, qualidade e estabilidade aeróbia das silagens; contudo, outras características importantes também continuam a ser avaliadas, como, híbridos, maturidade e teor de MS (SOUZA, 2015).

Esses aditivos, quando usados de forma correta, podem trazer inúmeras vantagens ao processo, tais como: menores perdas, conservação nutricional e aumento da estabilidade aeróbia.

As espécies do gênero *Lactobacillus* têm se apresentado eficientes na produção de ácidos controladores de degradação. Estas são classificadas em: homofermentativas obrigatórias, heterofermentativas facultativas e heterofermentativas obrigatórias, sendo os dois últimos grupos mais facilmente encontrados em silagens (SÁ NETO, 2012).

O *Lactobacillus plantarum* é uma BAL heterofermentativa facultativa capaz de promover queda acentuada do pH, conseqüentemente, elevando a taxa de fermentação, preservando os nutrientes da forragem, diminuindo a proteólise e aumentando a concentração de ácido láctico (BACH, 2015).

Outra bactéria comumente estudada é a *L. buchneri*, BAL pertencente ao grupo das heterofermentativas obrigatórias. Esta espécie fermenta hexoses em outros produtos finais além do ácido láctico, e converte o ácido láctico em ácido acético. Moon (1983) relata que sua vantagem está em melhorar a estabilidade aeróbia após a abertura, devido ao acetato produzido controlar eficientemente o crescimento de leveduras e fungos filamentosos.

A utilização de inoculantes que contém bactérias homo e heterofermentativas pode acelerar a produção de ácido láctico no início da fermentação e diminuir a degradação aeróbia pós abertura do silo (DRIEHUIS et al., 2001). Dessa forma, o uso em conjunto destes microrganismos tem motivado a realização de diversas pesquisas a fim de esclarecer o efeito de uso combinado. Segundo Muck et al. (2018), há uma grande variação nos resultados do uso combinado, isto devido à variedade de cepas de uma determinada espécie, com variações nas taxas de inclusão.

Estudos realizados por Salvo et al. (2013), com cepas homo e heterofermentativas em silagens de milho, verificaram que as silagens com bactérias heterofermentativas, quando comparadas à silagem controle, apresentaram redução

no teor de MS, mostrando que ocorreram perdas sob forma de gases e efluentes no processo de fermentação heterolática.

Sá Neto et al. (2013) testaram *L. plantarum* e *L. plantarum* combinado com *L. buchneri* com adição de 10^5 ufc g⁻¹ na forragem fresca em silagens de cana-de-açúcar ou milho, e não encontraram alteração na composição química e microbiológica das silagens de milho. O uso de bactérias heteroláticas não melhorou a estabilidade do material em exposição ao ar, como esperado. Por sua vez, Tavares et al. (2019), verificaram que o aditivo comercial composto por *L. plantarum* não teve efeito sob a composição bromatológica de silagens de milho. Rossi (2020), avaliou silagens de milho com *L. buchneri* e verificou efeito sob a bromatologia das silagens onde diminuiu teores de FDA, e proporcionou maiores teores de FDN, além de aumentar das concentrações de ácido acético e melhoria da estabilidade aeróbia da silagem de milho (+123 h em média em comparação para o controle). As respostas da aplicação de aditivos combinados são de difícil interpretação, pois cada bactéria usada possui uma forma de atuação e com isso tem gerado diversas pesquisas para esclarecer a efetividade e o desempenho de seu uso em conjunto.

O uso de inoculantes deve estar aliado a um bom manejo de ensilagem a fim de se obter melhores resultados (MUCK, 2010). Ressalta-se que essa ferramenta não substitui a correta ensilagem visto que, segundo Schmidt et al. (2014), inclusive a utilização de inoculantes microbianos pode ser dispensada dependendo de características intrínsecas da forragem. Essa afirmação corrobora com Rocha et al. (2006), que ao utilizarem inoculantes enzimo-bacterianos contendo cepas de *Lactobacillus plantarum* ($2,5 \times 10^{10}$ ufc/g), *Pediococcus pentosaceus* ($2,5 \times 10^{10}$ ufc/g) em silagens de milho em grau adequado de matéria seca não obtiveram melhoria na qualidade da silagem e consumo dos animais.

Outras culturas como a cana-de-açúcar e a aveia, por exemplo, necessitam de intervenção para ensilagem. A aveia é susceptível ao aparecimento de clostrídios em virtude do alto teor de umidade e dificuldade em reduzir o pH.

Porém, os resultados de pesquisas sobre uso de inoculantes em silagens de aveia emurhecida ainda são escassos e possuem grande variabilidade, sendo necessários mais estudos quanto à eficácia dos aditivos em silagens dessa cultura, além de estudos que proporcionem dados relacionados a especificidade de produtos. Meeske et al. (2002) verificaram que a adição de inoculante bacteriano composto por bactérias homo e heteroláticas à silagem de aveia resultou em níveis mais baixos de

ácido butírico em comparação à silagem sem aditivo, indicando menor atividade de clostrídios, além de proporcionar melhor estabilidade aeróbia em silagens inoculadas.

2.7 ESTABILIDADE EM AEROBIOSE

O termo estabilidade em aerobiose foi definido como o tempo em que a temperatura da silagem permanece estável antes de se elevar em 2°C acima da temperatura ambiente (MORAN et al., 1996). Tal exposição da silagem pós abertura do silo desencadeia o crescimento de microrganismos aeróbios, como as leveduras, que assimilam o lactato e outros nutrientes residuais e produzem CO₂ e água como produto final desse metabolismo. Essa reação provoca o aumento do pH e, conseqüentemente, a proliferação de fungos filamentosos e bactérias aeróbias, agravando a deterioração do material devido à exposição ao oxigênio (McDONALD et al., 1991; TABACCO et al., 2011).

O tempo em estabilidade aeróbia da silagem pode ser afetado por vários fatores, dentre eles pH, teores de etanol, ácido acético, ácido láctico, carboidratos solúveis residuais e população de fungos filamentosos ou leveduras. A estabilidade aeróbia é importante em termos qualitativos, pois certifica que os nutrientes do material estejam preservados, sem toxinas e ausência ou baixa ocorrência de microrganismos que sejam indesejáveis ao processo (YUAN et al., 2015). Essa é uma variável importante que complementa a análise, não apenas sobre a qualidade do processo de ensilagem, mas também da ação dos inoculantes.

Dessa forma, ensaios experimentais avaliando diferentes inoculantes microbianos nas forragens, sob diferentes manejos, continuam sendo importantes balizadores para tomadas de decisão nas fazendas usuárias de silagens, buscando maximizar a qualidade do volumoso e reduzir as perdas incidentes no processo de conservação.

REFERÊNCIAS

- ANJOS, S. V.G. **Efeito da reensilagem e do uso de inoculante microbiano na silagem de sorgo**. 2017. 40 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Minas Gerais. 2017.
- BACH, B. C. **Perdas fermentativas, microbiologia e composição químico-bromatológica de silagens de milho (*Zea mays*) ou Capim - mombaça (*Panicum maximum*) tratadas com aditivos microbianos**. 2015. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná. 2015.
- BALL, D. M.; HOVELAND, C. S.; LACEFIELD, G. D. **Southern forages**. 3. ed. edn. (Potash and Phosphate Institute: Norcross, GA). 2002.
- 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.
- BERTO, J. L.; MÜHLBACH, P. R. F. Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 651-658, 1997.
- BORÉM, A.; GALVÃO, J.C.C.; PIMENTEL, M.A. **Milho: do plantio à colheita**. 2. Ed. Atual. E ampli. – Viçosa (MG): Ed. UFV, 2017.
- CAETANO, H. (2001). Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem. Tese de doutorado, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil.
- CARBONARE, M. S. D. **Degradabilidade de grãos de milho de diferentes texturas em dois estádios de maturação**. Dissertação (Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná. 2016.
- CARBONARE, M. S. D. **Processamento de grãos (KPS) da silagem de milho e aproveitamento do amido por vacas em lactação em fazendas comerciais**. 205 p. Tese Doutorado (Zootecnia) – Universidade Federal do Paraná. 2020.
- CARVALHO, G. G. P., GARCIA, R., PIRES, A. J. V., PEREIRA, O. G., FERNANDES, F. E. P., & CARVALHO, B. M. A. Características fermentativas de silagens de capim-elefante emurchecido ou com adição de farelo de cacau. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 60, n. 1, p. 234-242, 2008.

DEMÉTRIO, J. V.; C.; TORRES A. C.; OLIVEIRA, P. S. RABELLO. Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de corte. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 2, p. 198-205, 2012.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v. 56, n. 4, p. 330-343, 2001.

DUNIÈRE L., SINDOU J., CHAUCHEYRAS-DURAND F., CHEVALLIER I., THÉVENOT-SERGENTET D. Silage processing and strategies to prevent persistence of undesirable microorganisms. **Animal Feed Science and Technology**. v.182, n. 12, p.1–15, 2013.

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation, aerobic stability and ruminal degradability of maize silage. **Journal of Applied Microbiology**, v. 101, n. 6, p. 1216-1223, 2006.

FONTANELI, R.S.; FONTANELI, R.S.; SANTOS, H.P. NASCIMENTO JUNIOR, A.; MINELLA, E.; CAIERÃO, E. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.11, p.2116-2120, 2009.

HORST, E. H., JUNIOR, V. H. B., NEUMANN, M., DE SOUZA, A. M., VENANCIO, B. J., JUNIOR, E. S. S., ... & SANTOS, L. C. Agronomic characteristics of maize hybrids (*Zea mays*, L.) at different maturity stages. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 41, n. 5supl1, p. 2273-2284, 2020.

JOBIM, C.C.; NUSSIO, L.G.; REIS, R.A. e SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.36, p.101-119, 2007.

MAJEE, D. N.; SHAVER, R. D.; COORS, J. G; SAPIENZA, D; LAUER, J.G. Relationships between kernel vitreousness and dry matter degradability for diverse corn germplasm II. Ruminal and post-ruminal degradabilities. **Animal Feed Science and Technology**, v. 142, n. 142, p. 259–274, 2008.

MACÊDO, A. J. S., SANTOS, E. M., de OLIVEIRA, J. S., & PERAZZO, A. F. Produção de silagem na forma de ração à base de palma: Revisão de Literatura. **REDVET. Revista Electrónica de Veterinária**, v. 18, n. 9, p. 1-11, 2017.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage, 2.ed. Merlow: **Chalcomb Publications**, 1991. 340p.

MEESKE, R. et al. The effect of adding an enzyme containing lactic acid bacterial inoculant to big round bale oat silage on intake, milk production and milk composition of Jersey cows. **Animal feed science and technology**, v. 97, n. 3-4, p. 159-167. 2002.

MOON, N.J. Inhibition of the growth of acid-tolerant yeasts by acetate, lactate and propionate and their synergistic mixtures. **Journal of applied Bacteriology**, v. 55, n. 3, p. 453-460, 1983.

MORAN, J.P.; WEINBERG, Z.G.; ASHBELL, G.; HEN, Y; OWEN, T.R. A comparison of two methods for the evaluation of the aerobic stability of whole crop wheat silage. In: **International Silage Conference**, 11, Aberystwyth, UK. Proceedings... University of Wales, P. 162-163, 1996.

MUCK R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p.183-191, 2010.

MUCK, R. E. NADEAU, E. M. G., MCALLISTER, T. A., CONTRERAS-GOVEA, F. E., SANTOS, M. C., & KUNG JR, L. Silage review: Recent advances and future uses of silage additives. **Journal of dairy science**, v. 101, n. 5, p. 3980-4000, 2018.

NUNES, A.S.; SOUZA, L.C.F.; MERCANTE, F.M. Adubos verdes e adubação mineral nitrogenada em cobertura na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 70, n.2, p. 432-438. 2011.

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**. Maringá, PR; 2001. Anais. Maringá, PR: UEM/CCA/DZO, v. I. p. 127-145, 2001.

OLIVEIRA, A.C.P.J. **Características agronômicas, perfil fermentativo e qualidade das silagens do milho BG7046 H colhido em quatro estádios**. 41 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

PAHLOW, G., MUCK, R. E., DRIEHUIS, F., ELFERINK, S. J. O., & SPOELSTRA, S. F. Microbiology of ensiling. **Silage science and technology**, 42, 31-93. 2003.

PARIS, W.; ZAMARCHI, G.; PAVINATO, P.S.; MARTIN, T, N. Qualidade da silagem de aveia preta sob efeito de estádios fenológicos, tamanhos de partícula e pré-murchamento. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 16, n. 3, p. 486-498, 2015.

REINEHR, L.L.; NEUMANN, M.; CARNEIRO, M. K.; BUENO, A. V. I.; POCZYNEK, M.; GHELLER, J.M. Avaliação Nutricional da Silagem de Diferentes Híbridos de Milho. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, Águas de Lindóia. 29. 2012.

ROCHA, K. D.; PEREIRA, O. G.; VALADARES FILHO, S. C.; OLIVEIRA, A. P.; PACHECO, L. B. B. e CHIZZOTTI, F. H. M. Valor nutritivo de silagens de milho (*Zea mays* L.) produzidas com inoculantes enzimo-bacterianos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, p.389-395. 2006.

RODRIGUES, J. A. S, TOMICH, T. R., GONÇALVES, L. C., ALBUQUERQUE, C. J. B., GUIMARAES, A. D. S., FERNANDES, L. D. O., & PAES, J. M. V. **Sorgo forrageiro para silagem, corte e pastejo. Informe Agropecuário: Sorgo: Inovações tecnológicas**, Belo Horizonte, v. 35, n. 278, p.50-62, jan. 2014.

RODRIGUES, P. H. M., LOBO, J. R., SILVA, E. J. A. D., BORGES, L. F. O., MEYER, P. M., & DEMARCHI, J. J. A. D. A. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1751-1760, 2007.

RODRIGUES, P.R. **Avaliação de silagens de cana de açúcar in natura e com aditivos, para alimentação de ruminantes**. 2014. 47p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, ES, 2014.

ROSSI, L. G. **Impacto do estágio de maturidade, do uso de inoculante bacteriano e do tempo de armazenagem sobre a qualidade da silagem de milho**. 100 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Unesp. 2020.

SÁ NETO, A. **Caracterização microbiológica, parâmetros fermentativos e estabilidade aeróbia em silagens de forragens tropicais com aditivos microbianos**. 114 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) - Universidade de São Paulo.2012.

SÁ NETO, A. D., NUSSIO, L. G., ZOPOLLATTO, M., JUNGES, D., & BISPO, Á. W. Silagem de milho ou de cana-de-açúcar com *Lactobacillus buchneri* exclusivamente ou em associação com *L. plantarum*. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 48, n. 5, p. 528-535, 2013.

SALVO, P. A. R. BASSO, F. C., RABELO, C. H. S., OLIVEIRA, A. A., SADER, A. P., CASAGRANDE, D. R., ... & REIS, R. A. Características de silagens de milho inoculadas com *Lactobacillus buchneri* e *L. plantarum*. **Archivos de zootecnia**, v. 62, n. 239, p. 379-390, 2013.

SANTOS, S.F.; GONÇALVES, M.F.; RIOS, M.P.; RODRIGUES, R.D.; GOMES, L.R.; RODRIGUES, G.G.; SOUZA, R.R. e FERREIRA, I.C. Principais tipos de silo de microrganismos envolvidos no processo de ensilagem. **Veterinária Notícias**, Uberlândia, v.19. n.2, p.140- 152, jul./dez. 2013.

SANTOS, A.O., AVILA C.L.S., PINTO J.C., CARVALHO B.F., DIAS D.R., SCHWAN R.F. Fermentative profile and bacterial diversity of corn silages inoculated with new tropical lactic acid bacteria. **Journal of Applied Microbiology**. v.120, n.2, p.266-279, 2016.

SCHMIDT, P.; SOUZA, C.M.; BACH, B.C. Uso estratégico de aditivos em silagens: Quando e como usar SIMPÓSIO: **produção e utilização de forragens conservadas**, 5.ed., Maringá, 2014. Anais. Maringá: UEM, p.243-264. 2014.

SENGER, C.C.D., MUHLBACH, P.R.F., SÁNCHEZ, L.M.B., NETTO, D.P., LIMA, L.D. Composição química e digestibilidade 'in vitro' de silagens de milho com distintos teores de umidade e níveis de compactação. **Ciência Rural**. v.35, n.6, p.1393-1399, 2005.

SILVA, E. P. A. **Influência da densidade de plantio do azevém nas características produtivas e qualitativas da silagem emurcheada ou com aditivo absorvente**. Dissertação (Mestrado em zootecnia) – Universidade Federal do Paraná. 2016.

SOARES, A.B.; PIN, E.A.; POSSENTI, J.C. Valor nutritivo de plantas forrageiras anuais de inverno em quatro épocas de semeadura. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, jan. 2013.

SOUZA, C. M. **Impacto ambiental da produção de silagens: revisão da literatura e avaliação experimental em silos laboratoriais**. Dissertação (Mestrado em ciências veterinárias) Universidade Federal do Paraná. 2015.

TABACCO, E.; RIGHT, F.; QUARANTELLI, A. et al. 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, p.1409-1419, 2011.

TAVARES, V. B.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R.; FUGUEIREDO, H. C. P.; ÁVILA, C. L. S.; LIMA, R, F. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurhecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 40-49, 2009.

TAVARES, Q. G., CARVALHO, W. T. V., PEREIRA, R. V. G., MINIGHIN, D. C., SILVA, L. V., DE CARVALHO, C. A. O., ... & DE MELO, N. N. Avaliação nutricional das silagens de milho e sorgo inoculadas com *Lactobacillus plantarum*. **PUBVET**, v. 14, p. 139, 2019.

VALLE, C. B.; JANK, L.; RESENDE, R. M. S. O melhoramento de forrageiras tropicais no Brasil. **Revista Ceres**, v. 56, p. 460-472, 2009.

WEINBERG, Z. G.; SHATZ, O.; CHEN, Y. et al. Effect of lactic acid bacteria inoculants on in vitro digestibility of wheat and corn silages. **Journal of Dairy Science**, v. 90, p. 4754-4762, 2007.

YUAN, X. J.; GUO, G.; WEN, A.; DESTA, S. T.; WANG, J.; WANG, Y.; SHAO, T. The effect of different additives on the fermentation quality, in vitro digestibility and aerobic stability of a total mixed ration silage. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 207, p. 41-50, 2015.

ZAMARCHI, G. **Composição bromatológica de silagem de aveia submetida à adubação nitrogenada e estádios fenológicos de ensilagem**. 2013. 63 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.2013.

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.

ZOPOLLATTO, M. NUSSIO, L. G., MARI, L. J., SCHMIDT, P., DUARTE, A. P., & MOURÃO, G. B. Alterações na composição morfológica em função do estágio de maturação em cultivares de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 3, p. 452-461, 2009.

3. CAPÍTULO II – PERFIL FERMENTATIVO, VALOR NUTRITIVO, PERDAS E ESTABILIDADE AERÓBIA DE SILAGENS DE MILHO SOB DOIS TEORES DE MATÉRIA SECA COM OU SEM INOCULANTE MICROBIANO.

3.1 RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar os efeitos ocasionados pela colheita tardia na qualidade de silagens de milho, colhidas em dois teores de matéria seca (32,1% e 42,5%), com e sem o uso de inoculante microbiano. O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisas em Forragicultura (CPFOR) da Universidade Federal do Paraná. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 (Teor de MS X inoculante), com 5 repetições. Os tratamentos foram o inoculante comercial 11C33, composto por estirpes de *Lactobacillus buchneri* e *Lactobacillus plantarum*, na dose 2L/t de forragem, e a silagem controle sem inoculação. Após 74 dias de fermentação avaliou-se: perdas no processo fermentativo, composição bromatológica, teores de ácidos orgânicos e etanol, contagem de grupos microbianos, estabilidade aeróbia e perda de MS durante a exposição aeróbia. Verificou-se aumento nas populações de bactérias ácido lácticas e redução da população de leveduras nas silagens tratadas independente do teor de MS da silagem. A composição bromatológica foi influenciada pelo teor de MS. Silagens mais secas apresentaram alto teor de amido e menores teores de FDN e FDA. A adição das bactérias às silagens melhorou sua estabilidade (196,8 horas), enquanto a silagem controle apresentou estabilidade de 56,5 horas. O uso do inoculante, independente do teor de MS avaliado, apresentou menores perdas de matéria seca, quando comparado com as silagens controle.

Palavras-chave: estabilidade aeróbia, *L. buchneri*, *L.plantarum*.

3.2 INTRODUÇÃO

O milho é considerado uma das melhores culturas para a ensilagem devido a sua composição química favorecer a fermentação láctica e, conseqüentemente, gerar uma silagem de alta qualidade (SOUZA, 2008; BORÉM et al., 2017). No entanto, um fator importante é a maturidade das plantas no momento do corte, pois disso dependerá a qualidade da fermentação e a composição nutricional (WANG et al., 2015).

Segundo Nussio et al., (2001) as plantas devem possuir teor de matéria seca (MS) entre 30–35%, todavia, problemas relacionados ao planejamento na propriedade, limitações de logística e adversidades climáticas podem atrasar ou adiantar o processo.

Plantas colhidas com baixos teores de MS podem propiciar um ambiente favorável para o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, responsáveis pela proteólise e produção de nitrogênio amoniacal, os quais irão prejudicar o valor nutricional da forragem armazenada (MCDONALD, 1991). Por outro lado, a ensilagem de plantas de milho com alto teor de MS pode dificultar a compactação, reduzir a qualidade da fibra, aumentar a porosidade, favorecer o desenvolvimento de enterobactérias e fungos filamentosos (NUSSIO et al., 2001) e prejudicar a digestibilidade da silagem de planta inteira de milho (ALLEN et al., 2003; FERRARETTO e SHAVER, 2012).

Nessa perspectiva, a fim de fornecer maior segurança no momento da ensilagem sugere-se a utilização de inoculantes microbianos que, por sua vez, visam manter a qualidade das silagens, limitar a proliferação de microrganismos indesejáveis, como leveduras e fungos filamentosos proporcionando aumento da estabilidade aeróbia (HENDERSON, 1993; SCHMIDT et al., 2014).

Diante disso, a pesquisa teve como objetivo avaliar silagens de milho com ou sem inoculante bacteriano, sob dois teores de MS, e sua composição química e microbiológica, perdas fermentativas e estabilidade aeróbia.

3.2.1 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1.1 IMPLANTAÇÃO E CORTE DA CULTURA

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisas em Forragicultura (CPFOR) da Universidade Federal do Paraná, em Pinhais/PR. Na Figura 1 são apresentados os dados meteorológicos coletados na Estação Meteorológica de Pinhais - PR durante as etapas de ensilagem, compreendido entre os dias 11 de março a 23 de março de 2020.

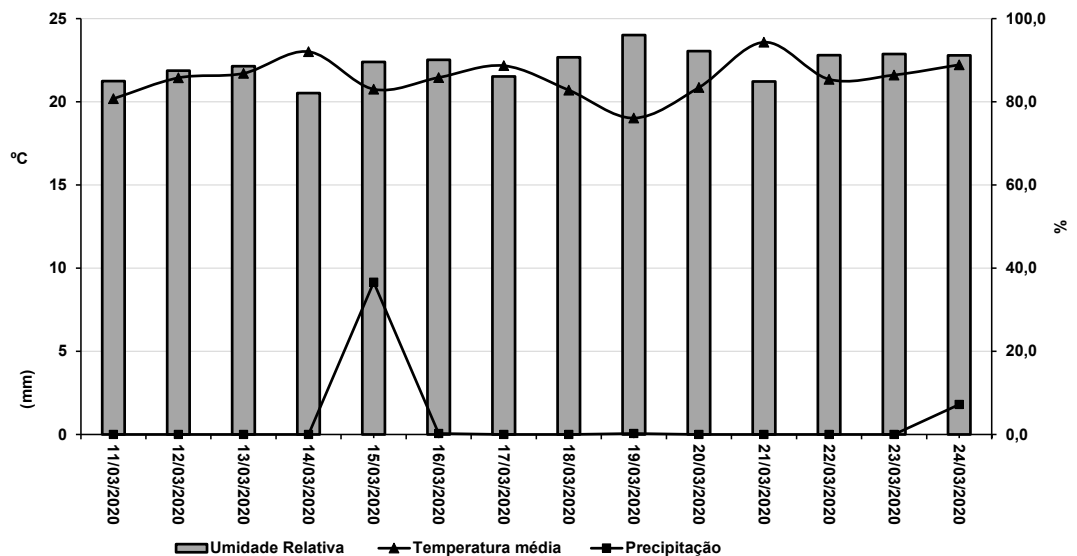


Figura 1 – Precipitação, umidade relativa do ar e temperatura média durante as etapas de ensilagem.

Fonte: SIMEPAR (2020) adaptado pela autora.

O híbrido de milho Pioneer P4285VYHR® foi semeado em 30 de outubro de 2019 em uma área de 120 m², em espaçamento de 0,5 m entre linhas, profundidade de semeadura de 4 cm e distribuição de 4 sementes por metro linear, para uma população de 80 mil plantas/ha, cultivado através de tratos culturais manuais. Para determinar os valores de adubação foram seguidas as recomendações, de acordo com o Manual de Adubação e Calagem do Estado do Paraná (PAVINATO et al., 2017). Na adubação de base, utilizou-se 650 kg por hectare de adubo formulado NPK 8-20-20. Por se tratar de uma unidade com restrições ambientais, não foram usados herbicidas, inseticidas ou fungicidas durante todo o ciclo, e as capinas foram realizadas manualmente.

O milho foi colhido em dois momentos distintos para assegurar diferentes teores de MS das plantas. O primeiro corte foi realizado no dia 11 de março de 2020, com 32,1% de MS, e o segundo no dia 23 de março de 2020, com 42,5% de MS. A colheita do milho foi feita manualmente, a 10 cm de altura do solo, e as plantas foram imediatamente processadas em máquina forrageira estacionária (Menta, modelo Super 15 T), regulada para corte em tamanho médio de partícula de 10 mm.

3.2.1.2 TRATAMENTOS E INOCULAÇÃO

A montagem simultânea dos tratamentos foi realizada em dois locais separados (~4 metros), cobertos por lonas, previamente higienizadas.

O inoculante Pioneer® 11C33 é composto de cepas de *Lactobacillus buchneri* e *Lactobacillus plantarum* e foi aplicado na proporção de 110.000 UFC/g forragem. O mesmo foi diluído água destilada (2 L/t) e aspergido sobre 60 kg de forragem fresca por meio de pulverizadores manuais. Após a homogeneização, a forragem foi pesada individualmente a fim de padronizar a massa específica em todas as unidades experimentais e rapidamente compactada nos silos. O tratamento controle recebeu a mesma dosagem de água destilada.

3.2.1.3 ENSILAGEM

Foram usados silos experimentais de 20 L providos de válvulas tipo *Bunsen* para permitir o escape dos gases da fermentação e impedir a entrada de ar. Dois kg de areia seca em estufa foram colocados no fundo de cada silo para absorver possíveis efluentes. A forragem (11,8 kg/silo) foi separada da areia por tela plástica e tecido de algodão. Em seguida, o material processado foi adicionado e compactado manualmente nos silos experimentais resultando em densidade média de 600 kg de MV/m³. Os silos foram imediatamente vedados e mantidos sob temperatura ambiente durante 74 dias para ambos os pontos de colheita, resultando em dois momentos distintos de abertura.

3.2.1.4 AMOSTRAGEM E ANÁLISES

As amostras para análises foram coletadas no momento da ensilagem e após a abertura dos silos. Na abertura dos silos, 5 cm de silagem da porção superior dos silos foram descartadas para evitar interferência de possível microaeração, e após esse procedimento, a silagem foi retirada, colocada em sacos plásticos e homogeneizada para a amostragem.

As perdas por efluente, gases e perda total de MS (PTMS) foram calculadas conforme metodologia descrita por Jobim et al. (2007).

Para as análises de composição química, amostras de aproximadamente 300 g da silagem e da planta de milho fresca foram coletadas em duplicata de cada repetição. Foram determinadas as seguintes variáveis: potencial hidrogeniônico (pH) através do extrato da silagem (KUNG et al., 1984) e teor de MS em estufa de ventilação forçada a 65°C, por aproximadamente 72 horas. As amostras secas foram moídas, em moinho de facas do tipo Wiley com peneira de malha 1 mm, acondicionadas e enviadas ao laboratório comercial 3rlab® localizado em Chapecó-SC, para posterior análise de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), amido, extrato etéreo (EE), lignina, Digestibilidade In situ do Amido, 24h, Digestibilidade % do FDN realizadas pelo método de refletância no Infravermelho Próximo (NIRS) com curva de calibração de domínio Rock River Laboratory dos EUA. Além destas análises, também foram congeladas amostras para a determinação de ácidos graxos voláteis (AGV), feitas no laboratório de Química da Universidade Federal do Paraná. As análises foram realizadas por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) usando cromatógrafo da marca Shimadzu (Kyoto, Japão) e coluna cromatográfica da marca Phenomenex, do tipo Rezex.

A avaliação de estabilidade aeróbia foi realizada segundo a metodologia descrita por Kung et al. (2000), na qual uma amostra de 4 kg de cada repetição foi colocada em baldes abertos e sem compactação e mantidos em sala de temperatura controlada a 23±1 °C. Foi inserido no centro da massa um termômetro *data logger* (Lascar Electronics/UK, modelo EL-USB-1), configurado para aferir as temperaturas da silagem por 10 dias, em intervalos de 5 minutos. Ainda, cerca de 750 g de silagem foram acondicionados em recipiente plástico para coletas de amostras para

determinação do pH ao longo do período de exposição aeróbia (0, 2, 4, 6 e 8 dias após abertura), e estes foram mantidos no mesmo local, sob temperatura controlada.

Para as análises microbiológicas 25 g da forragem fresca e da silagem foram coletadas, diluídas assepticamente em 225 mL de solução salina peptonada 0,1% estéril e agitadas em homogeneizador de pás (MA440/CF, Marconi®) durante 4 min, a 150 rpm. Em seguida, as amostras foram filtradas em três camadas de gaze e submetidas a diluição decimal seriada de 10^{-4} , 10^{-5} e 10^{-6} em caldo *MRS* a fim de favorecer o crescimento de BAL. Os meios de cultura com as amostras foram plaqueados em placas *Petrifilm* (AC, 3M®), alocadas em jarra de anaerobiose e mantidas em estufa a 30°C por 48 h, quando ocorreu a contagem das colônias. Para os fungos filamentosos e leveduras o mesmo procedimento foi aplicado, exceto as diluições que ocorreram apenas em solução salina (10^{-4} , 10^{-5} e 10^{-6}). Utilizou-se placas *Petrifilm* (YM, 3M®), incubadas em estufa de cultura BOD com temperatura média de 23,5°C. A contagem de leveduras e fungos filamentosos foi feita após 72 e 120 horas de incubação, respectivamente.

A forragem foi amostrada nos momentos de ensilagem para caracterização bromatológica e microbiológica (Tabela 1).

Tabela 1 - Características químicas e microbiológicas das plantas de milho no momento da ensilagem

Variáveis ¹	Ensilagens		
	32,1%	42,5%	Média
pH	5,9	5,7	5,8
	% MS		
M _{SCORR}	34,6	45,3	39,9
Cinzas	3,2	3,1	3,1
FDN	46,1	45,2	45,6
FDA	26,6	26,9	26,7
PB	7,7	6,9	7,3
EE	3	3,2	3,1
CS	12,7	8,1	10,4
Lignina	44,8	49,7	47,2
Amido	27,9	31,8	29,8
	Log UFC/g		
BAL	4,3	4,5	4,4
Leveduras	5,1	4,3	4,7
Fungos filamentosos	4,6	3,5	4,05

¹pH- potencial hidrogeniônico; M_{Scorr}- matéria seca corrigida para 105°C; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA- Fibra em detergente ácido; PB – Proteína bruta; EE – Extrato etéreo; CS – Carboidratos solúveis; BAL – bactéria ácido láctica.

3.2.1.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2×2 (dois teores de matéria seca, 32,1 e 42,5%; sem ou com inoculante microbiano), com cinco repetições por tratamento, totalizando 20 unidades experimentais.

As análises estatísticas dos silos foram realizadas utilizando análise de variância pelo programa Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados – SISVAR® (FERREIRA, 2011) e as diferenças entre médias dentro de fatores foram comparadas pelo teste F a 5% de significância ($P < 0,05$).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição químico-bromatológica das silagens de milho está apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 - Composição bromatológica e concentração de compostos voláteis da silagem de milho, sem inoculante (Controle) ou inoculada com 11C33, sob dois teores de MS.

Variáveis ¹	Inoculante			Teor de MS		Efeitos				
	Controle	11C33	Média	32,1%	42,5%	Média	EPM	I	MS	I x MS
pH	3,8	3,8	3,8	3,7	3,87	3,8	0,01	0,3486	0,0001	0,408
				%MS						
MS	38,7	38,9	38,8	33,0	44,7	38,8	0,22	0,4672	<0,000	0,251
Cinzas	3,1	3,1	3,1	3,2	3,00	3,1	0,06	0,7438	0,0109	0,671
FDN	45,4	43,0	44,2	45,4	43,0	44,2	0,79	0,0507	0,0460	0,409
FDA	26,07	24,6	25,3	26,3	24,4	25,3	0,54	0,0728	0,0242	0,410
CS	6,32	5,40	5,86	5,87	4,93	5,4	0,07	0,0000	0,0000	0,000 1
PB	7,6	7,65	7,6	7,9	7,3	7,6	0,04	0,3357	<0,000	0,045
EE	3,03	3,3	3,1	3,09	3,2	3,1	0,04	0,0007	0,0331	0,715
Lignina	4,2	4,03	4,1	4,1	4,1	4,1	0,05	0,0203	0,5468	0,712
Amido	26,1	29,0	27,6	24,5	30,7	27,6	0,93	0,0434	0,0002	0,457
Dig. In situ do Amido, 24h	89,4	89,7	89,5	92,01	87,08	89,5	0,52	0,6911	<0,000	0,353

DigFDNtt, % do FDN	69,26	70,00	69,63	70,09	69,2	69,6	0,33	0,1373	0,0668	0,890
Ác. Lático	6,9	6,5	6,7	6,4	6,8	6,6	0,32	0,052	0,933	0,826
Ac. Acético	1,3	1,6	1,4	1,4	1,5	1,4	0,09	0,084	0,676	0,445
Ac. Butírico	nd	nd	nd	nd	nd	nd	-	-	-	-
Etanol	0,56	0,50	0,53	0,50	0,56	0,53	0,03	0,278	0,230	0,157

¹pH- potencial hidrogeniônico; MS – Matéria seca; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA- Fibra em detergente ácido; PB – Proteína bruta; EE – Extrato etéreo; Controle – sem adição de bactérias; 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*); EPM: erro padrão da média. nd- não detectado; I- Inoculante; I x MS – Interação Inoculante com matéria seca.

Os valores de pH das silagens após 74 dias de fermentação não foram influenciados pela inoculação de bactérias. O valor médio de 3,8 está próximo do encontrado por Bayatkouhsar et al. (2012), de média de 3,7, o qual também não observaram diferença significativa entre o pH de silagens de milho com 45 e 90 dias de fermentação, aditivadas ou não com bactérias homoláticas e homo + heteroláticas.

Por outro lado, Rabelo et al. (2014) observaram aumento de (3,81; 3,92; 3,98; 3,97 e 4,05) dos valores do pH com o aumento da maturidade dos híbridos de milho (24, 27,29,32 e 37 de %MS respectivamente), assim como ocorreu em nosso estudo. Silagens produzidas com menor teor de MS tendem a apresentar menor pH em comparação às silagens com grau de teor de MS mais avançado possivelmente em virtude da maior atividade de água. Segundo McDonald et al. (1991), silagens com maior concentração de MS tendem a estabilizar o processo fermentativo em pH mais elevado, pois há menor produção de ácidos em função do aumento na pressão osmótica.

Os teores de cinzas, EE, FDN e FDA foram mais elevados nas silagens colhidas com 32,1% de MS em relação às de 42,5%. Provavelmente, esse efeito é decorrente da elevação do teor de amido nas silagens da segunda colheita, causando diluição relativa na composição centesimal dos outros nutrientes. Além do teor de MS, o teor de amido foi influenciado pelo uso do inoculante ($P < 0,01$), sendo 2,89 unidades percentuais maior em relação às silagens controle. O estágio de maturidade mais avançado levou a esses resultados, pois de acordo com Magalhães et. al (2006), o milho para silagem colhido em estágio de maturidade mais avançado, no caso deste estudo, aos 141 dias (já no estágio fenológico R6), apresentou elevado teor de amido em decorrência do avanço na formação da linha do amido até a espiga, característico de tal estágio, indicando que a maturidade fisiológica do grão está próxima.

Os teores de lignina foram influenciados pelos tratamentos ($P < 0,01$). O tratamento controle apresentou elevação de 0,179 unidade percentual de lignina em relação à silagem inoculada. Segundo Moore e Jung (2001), a lignina presente na parede celular da planta é considerada inibidor da digestibilidade devido a sua estrutura e ligações covalentes com a hemicelulose, que a torna indicativo de diminuição na qualidade. Conseqüentemente, tais dados impactaram os teores de fibra da silagem.

O teor de PB foi a única variável da composição bromatológica que apresentou interação entre inoculante e teor de MS, como mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Desdobramento da interação inoculante x matéria seca da variável proteína bruta.

Matéria Seca (%)	Inoculante		
	Controle	11C33	EPM
32,1	7,99A	7,92A	0,06
42,5	7,21Bb	7,39Ba	0,06

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste F ($P < 0,05$). EPM: erro padrão da média. 11C33 - composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*).

Os teores de PB, em todas as silagens, reduziram de acordo com o avanço no da matéria seca das plantas o que está relacionado o menor teor de amido, o que proporciona maior porcentagem de PB, visto que a maior parte da proteína se encontra nas folhas. Segundo Vilela et al. (2008) a maior porcentagem de PB em plantas mais jovens, também pode estar associada aos menores valores de pH, que propiciam a fermentação e a preservação dessa variável proteína.

As variáveis ácido láctico e etanol não apresentaram diferenças estatísticas entre os inoculantes e teores de MS. Os teores de ácido acético foram maiores em silagens inoculadas. As modificações observadas nos produtos de fermentação das silagens tratadas evidenciam o padrão de fermentação heterolático do *L. buchneri*, corroborando com Kleinschmitt (2015), verificou que com o aumento de doses de *L. buchneri* as concentrações de ácido acético se elevaram em 1,81 percentuais da % MS em comparação a silagem controle. O aditivo utilizado, composto por *L. buchneri*, caracteriza-se por apresentar rota metabólica heterolática, com capacidade de produzir ácido acético durante a fermentação, com conseqüente controle efetivo de leveduras (DRIEHUIS; OUDE ELFERINK, 2001), como verificado no presente trabalho.

Foi realizada análise de correlação de Pearson entre os teores dos ácidos avaliados por cromatografia (HPLC) e os valores apresentados nos laudos das amostras secas avaliadas por NIRS. Como esperado, as correlações foram baixas e não significativas ($r = 0,066$ e $r = 0,376$, para os ácidos láctico e acético, respectivamente).

Não foram detectados teores de ácido butírico em nenhuma das silagens avaliadas, indicando correto manejo no momento das colheitas.

Os parâmetros estimados de digestibilidade do amido e da FDN não foram alterados pela inoculação, embora tenham sofrido redução significativa do primeiro para o segundo corte. Segundo Santos et al. (2010), verificou-se que a antecipação do corte favorece a maior digestibilidade da fibra (DFND), mas acarreta sensível redução na qualidade da silagem de milho, decorrente da menor produtividade de grãos, e, conseqüentemente, no seu potencial de transformação em leite e carne. De acordo Owens & Basalan (2013) a digestibilidade do amido em silagem de planta inteira de milho é próxima de 90,8% em utilização na alimentação de ruminantes, próximo aos valores encontrados para o presente estudo.

As perdas fermentativas em silagens de milho estão apresentadas na Tabela 4. A adição do inoculante não alterou as perdas que ocorreram durante a fermentação. A colheita tardia do milho acarretou menores perdas por gases e efluentes, resultando em menor perda total de MS. Essas variáveis não foram influenciadas pela inoculação com 11C33, contudo, as variáveis perda total de MS e perda por gases foram influenciadas pelos teores de MS inicial da planta.

Tabela 4 – Perdas fermentativas em silagem de milho sem inoculante (Controle) ou inoculada com 11C33, sob dois teores de MS.

Variáveis	Inoculante		MS		Efeitos					
	Controle	11C33	Méd	32,1%	42,5%	Média	EPM	I	MS	I x MS
Perda Total de MS (%)	2,3	2,2	2,2	3,1	1,4	2,2	0,34	0,9002	0,0040	0,212
Perda por gases	1,6	1,8	1,7	2,4	0,9	1,6	0,33	0,5992	0,0050	0,0306
Efluente kg/t MV	7,2	5,9	6,5	7,5	5,6	6,5	0,87	0,1361	0,0274	0,0346

Controle - sem adição de bactérias; 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*); EPM: erro padrão da média; I- Inoculante; I x MS - Interação inoculante com matéria seca.

As menores perdas fermentativas dos tratamentos com 42,5% MS podem estar associadas a possível menor fermentação heterolática nas silagens de 42,5%, levando a menor perda por gases, menor perda de voláteis em estufa, e menor estimativa de perdas. Isso devido a menor proporção de ácido acético em relação ao láctico, o que justifica a menor perda fermentativa nessas silagens. Isso ocorre devido a rota homofermentativa, das cepas de *L. plantarum*, produzirem ácido láctico como produto final da fermentação (FILYA et al., 2004), e utilizarem como substrato os carboidratos solúveis. Dessa forma, há rápida redução do pH, o que evita a atuação de micro-organismos indesejáveis durante o processo de fermentação. Além de menores perdas via efluente. De fato, a produção de efluente da silagem controle (Tabela 5) foi menor em silagens de 45% de MS. A produção de efluente na silagem é influenciada por sua quantidade de MS, silagens mais úmidas tendem a produzir maiores quantidades de efluente, pela maior susceptibilidade ao extravasamento celular (BERNARDINO et al., 2005). Contudo, os valores encontrados no presente estudo são considerados baixos em comparação a outros autores na literatura. Bach (2015), avaliando silagens de milho colhidas com 33% de MS, tratadas ou não com inoculantes microbianos encontraram entre 8,8 a 14,3 kg/t MV. Já Junges et al. (2013) avaliaram silagens de milho colhidas aos 30% de MS, encontraram valores de 4,22 a 20,45 kg de efluente por tonelada.

Tabela 5 - Desdobramento da interação Inoculante x matéria seca para as variáveis perda por gases e efluente.

Perdas por gases	Inoculante		
	Controle	11C33	EPM
32,1	1,78	3,14A	0,53
42,5	0,37	0,64B	0,53
Efluente kg/t MV			
32,1	9,59Aa	6,89b	0,92
42,5	4,77B	6,42	0,92

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste F ($P < 0,05$). EPM: erro padrão da média. 11C33 - composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*).

Nenhuma contagem microbiana foi influenciada pela interação dos dois fatores (inoculante e MS), como apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Contagens microbianas (log UFC/g) em silagens de milho sem inoculante ou inoculadas com 11C33.

Variáveis ¹	Inoculante		MS			Efeitos				
	Controle	11C33	Média	32,1%	42,5%	Média	EPM	I	MS	I x MS
BAL	4,3	5,9	5,1	4,5	5,7	5,1	0,33	0,0047	0,0216	0,12

Leveduras	5,02	2,5	3,8	4,2	3,3	3,7	0,49	0,0021	0,2291	0,166
Fungos	2,1	3,2	2,6	3,3	2,03	2,6	0,61	0,2176	0,1512	0,118
Filamentosos										

¹BAL – Bactérias ácido lácticas. Controle - sem adição de bactérias; 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*); EPM: erro padrão da média; I- Inoculante; I x MS - Interação inoculante com matéria seca.

As contagens de BAL foram diferentes para os inoculantes e teores de MS. Como esperado, devido à adição de cepas com o intuito de dominar a fermentação, as contagens foram maiores no tratamento 11C33. As silagens com 42,5% de MS provavelmente forneceram melhor meio, com maior disponibilidade de substrato o que pode ter favorecido para um maior crescimento das bactérias inoculadas e então contribuído para uma maior contagem no tratamento 11C33. A disponibilidade de substrato suficiente é uma das condições necessárias para o adequado crescimento de BAL (McDONALD et al., 1991; LIN et al., 1992). Devido à adição de cepas selecionadas e meio ótimo para crescimento, é possível que as BAL do tratamento 11C33 tenham dominado a fermentação.

A população de leveduras foi influenciada pela adição do inoculante com diminuição expressiva (-2,5 log UFC/g) quando comparada à silagem controle. A redução da presença de leveduras nos tratamentos inoculados pode ser justificada pela rota metabólica heterolática do *L. buchneri* presente no aditivo, capaz de converter o ácido láctico em ácido acético, CO₂ e água durante a fermentação e controlar microrganismos indesejáveis (PAHLOW et al., 2003).

Não houve diferença na contagem de fungos filamentosos nas silagens testadas. Possivelmente, devido à ótima vedação obtida nos silos experimentais que resultou em inibição na população desses microrganismos, pois são mais influenciados pela presença de oxigênio que pelo pH (PAHLOW et al., 2003).

O menor crescimento das leveduras nesse tratamento elevou (+140,3 horas) a estabilidade aeróbia dessas silagens (Tabela 7). Essa observação está de acordo com Kleinschmit e Kung Jr. (2006), uma vez que a adição de *L. buchneri* melhorou a estabilidade aeróbia por inibir o crescimento de leveduras, sendo o efeito maior em níveis mais elevados de inoculação. Tabacco et al. (2011) verificaram que a inoculação com *L. buchneri* promoveu estabilidade significativa, de 107 e 121 h para duas cepas de *L. buchneri* testadas em comparação às médias de 64 e 74 h das silagens controle.

Tabela 7 - Estabilidade aeróbia em silagem de milho sem inoculante (Controle) ou inoculada com 11C33 sob dois teores de MS.

Variáveis ¹	Inoculante		MS				Efeitos			
	Controle	11C33	Média	32,1%	42,5%	Média	EPM	I	MS	I x MS
EA, horas	56,5	196,8	126,6	123,7	129,6	126,7	11,59	<0,0001	0,7227	0,159
TMax, °C	34,5	27,3	30,9	28,4	33,4	30,9	2,91	0,0978	0,2434	0,085
PMSea, % MS	16,05	12,8	14,4	9,1	19,7	14,4	0,34	0,9002	0,0040	0,006

¹EA – estabilidade aeróbia; TMax – Temperatura máxima; PMSea – perda de matéria seca pós estabilidade aeróbica. Controle - sem adição de bactérias; 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*); EPM: erro padrão da média. I- Inoculante; I x MS - Interação inoculante com matéria seca.

Além disso, as perdas totais de MS durante a estabilidade aeróbia foram influenciadas pela interação inoculante X MS (Tabela 8).

Tabela 8. Desdobramento da interação Inoculante X matéria seca da variável perda de matéria seca na estabilidade aeróbia (PMSea).

Matéria Seca (%)	Inoculante		
	Controle	11C33	EPM
32,1	11,60Ba	6,72Bb	0,53
42,5	20,50A	18,98A	0,53

Médias seguidas por letras diferentes, minúsculas na linha e maiúscula na coluna, diferem estatisticamente pelo teste F (P<0,05). EPM: erro padrão da média. 11C33 - composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*).

Diferentemente das perdas fermentativas, as perdas de MS pós estabilidade foram maiores em silagens de 42,5% em ambos os tratamentos provavelmente em decorrência do maior pH inicial. Considerando que o processo deteriorante depende da qualidade da forrageira e do tempo de permanência em contato com o ar (CHEN e WEINBERG, 2014; LIMA et al., 2016), é provável que a maior quantidade de substratos remanescentes oriundos da fermentação como ácido láctico tenha contribuído para o desenvolvimento de microrganismos aeróbios que irão gerar perdas, especialmente as leveduras, pois são os primeiros microrganismos a iniciarem o processo de degradação (MCDONALD et al., 1991). Na Figura 1 é observado que durante os dez dias de estabilidade aeróbia as silagens aditivadas apresentaram valores de pH menores quando comparadas à silagem controle, em ambos teores de MS. Pode-se notar um aumento considerável do pH no decorrer da estabilidade aeróbia para a silagem controle, principalmente a partir do terceiro dia, indicando a quebra da estabilidade. Isso evidencia que o uso do inoculante 11C33 mostrou-se eficaz na manutenção de pH para as silagens com 32,1 e 42,5% de MS.

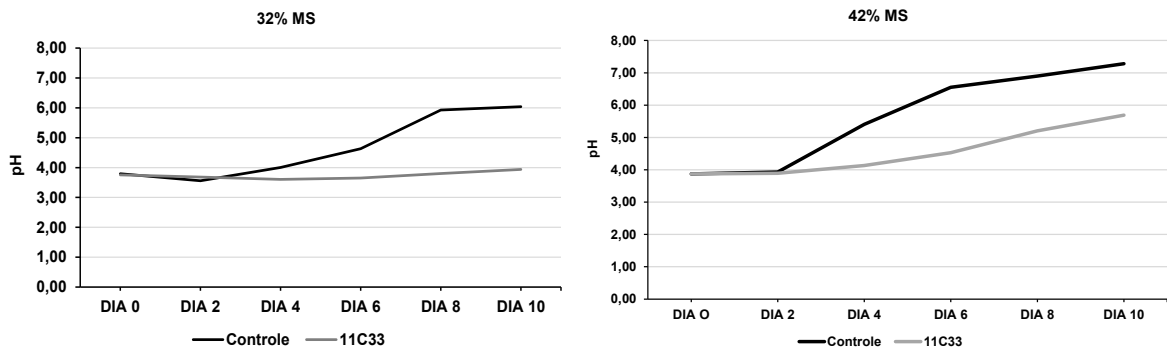


Figura 1. Curva de pH entre os tratamentos da silagem (32,1% e 42,5% MS) em aerobiose.

Após a abertura do silo, as leveduras utilizam ácido láctico em condições aeróbicas para o seu desenvolvimento, o que acarreta no aumento do pH da silagem (MUCK, 2010). Segundo Souza (2015), o consumo de ácido láctico de menor pKa resulta em diminuição da acidez, ou seja, aumento do pH, indicando que o material está se degradando. A utilização de inoculantes pode contribuir para a qualidade da silagem em situações de manejo inadequado ou corte da forrageira em momento inoportuno, reduzindo assim possíveis prejuízos (SCHMIDT et al., 2014), fator este visivelmente notado nas silagens de 42,5% de MS, que mesmo sob teor de MS acima do recomendado, ao ser inoculada com o inoculante 11C33, obteve excelentes resultados pós estabilidade em aerobiose.

De maneira geral, o corte do milho para ensilagem com 42,5% é mais vantajoso, pois além da maior concentração de MS grande parte dessa é composta por amido, principal fonte energética da planta e menos de FDN, em relação à colheita a 32,1%. Ou seja, a diferença de 12 dias entre as colheitas pode impactar positivamente as características nutricionais da silagem e gerar uma fermentação de maior qualidade. Maiores concentrações de amido também podem aumentar a produção de leite. O atraso na colheita provocou maior efeito sobre a produção de leite estimada pelo Milk2006, em kg de leite por tonelada de MS (1.551 vs 1.649) ou kg de leite por hectare, (31.062 vs 43.731). Corroborando Santos et al. (2010), que avaliaram 4 teores de matéria seca (27, 31, 35 e 39% MS) e verificaram que com o avanço da MS aumentou também a produção de leite, obtendo valor de 11,308 kg/t leite a mais colhendo aos 39% de MS que a primeira colheita. Contudo, a elevação do teor de MS na colheita exige maior potência de equipamentos o que talvez não coincida com a realidade de pequenos produtores.

CONCLUSÃO

O avanço da colheita de 32,1 a 42,5% de MS (12 dias) foi benéfico pelo incremento no teor de amido da silagem, sem comprometer os demais parâmetros de qualidade, e as perdas fermentativas. O uso do inoculante Pioneer 11C33 em ambos teores de MS foi eficiente em preservar nutrientes da silagem e promover aumento significativo na estabilidade em aerobiose, principalmente em silagens com ponto mais avançado de colheita.

REFERÊNCIAS:

ALLEN, MICHAEL S.; COORS, JAMES G.; ROTH, GREGORY W. Corn silage. **Silage science and technology**, v. 42, p. 547-608, 2003.

BACH, B. C. **Perdas fermentativas, microbiologia e composição químico-bromatológica de silagens de milho (*Zea mays*) ou Capim - mombaça (*Panicum maximum*) tratadas com aditivos microbianos**. 2015. 98 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Universidade Federal do Paraná. 2015.

BAYATKOUHSAR, J.; TAHMASBI, A. M. e NASERIAN A. A. Effects of microbial inoculant on composition, aerobic stability, in situ ruminal degradability and in vitro gas production of corn silage. **International Journal of AgriScience** v. 2, n. 9, p. 774-786, 2012.

BERNARDINO, F. S., GARCIA, R., ROCHA, F. C., SOUZA, A. L. D., & PEREIRA, O. G. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2185-2191, 2005.

BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A., **Milho: do plantio à colheita, 2, Ed**, Atual, E ampli, – Viçosa (MG): Ed, UFV, 2017.

CHEN, Y., and Z. G. WEINBERG, 2014. The effect of relocation of whole-crop wheat and corn silages on their quality. **Journal of Dairy Science**, v. 97, n. 1, p. 406-410, 2014.

DRIEHUIS, F.; OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; VAN WIKSELAAR, P. G. Fermentation characteristics and aerobic stability of grass silage inoculated with *Lactobacillus buchneri*, with or without homofermentative lactic acid bacteria. **Grass and Forage Science**, v. 56, n. 4, p. 330-343, 2001.

FERRARETTO, L.F.; SHAVER, R.D. Effect of Corn Shredlage on lactation performance and total tract starch digestibility by dairy cows. **The Professional Animal Scientist**, v.28, p. 639–647, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Propionibacterium acidipropionici*, with or without *Lactobacillus plantarum*, on the fermentation and aerobic stability of wheat, sorghum and maize silages. **Journal Applied Microbiology**, v.97, p.818-821, 2004.

FILYA, I.; SUCU, E.; KARABULUT, A. The effect of *Lactobacillus plantarum* on the fermentation, aerobic stability, and ruminal degradability of maize silages, **Journal of Applied Microbiology**, Oxford, v.101, n6, p1216-1223, 2006.

FUGITA, C. A.; PRADO, I. N.; JOBIM, C. C.; ZAWADZKI, F.; VALERO, M. V.; PIRES, M. C. O.; PRADO, R. M.; FRANÇOZO, M. C. Corn silage with and without enzyme-bacteria inoculants on performance, carcass characteristics and meat quality in feedlot finished crossbred bulls. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 1, p. 154-163, 2012.

HENDERSON N. Silage additives, **Animal Feed Science and Technology**, v. 45, p. 35-56, 1993.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.

JUNGES, D., SCHMIDT, P., NOVINSKI, C. O., & DANIEL, J. L. P. Additive containing homo and heterolactic bacteria on the fermentation quality of maize silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 35, n. 4, p. 371-377, 2013.

KELES, G.; DEMIRCI, U. The effect of homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria on conservation characteristics of baled triticale–Hungarian vetch silage and lamb performance. **Animal Feed Science and Technology**, v. 164, n. 1-2, p. 21-28, 2011.

KLEINSHMITT, Cristiano. **Taxas de inoculação com *Lactobacillus buchneri* no valor nutritivo de silagem de milho como volumoso exclusivo para vacas leiteiras**. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

KLEINSCHMIT, D. H.; KUNG JR, L. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. **Journal of dairy Science**, v. 89, n. 10, p. 4005-4013, 2006.

KUNG JR., L.; GRIEVE, D. B.; THOMAS, J. W.; HUBER, J. T. Added ammonia or microbial inocula for fermentation and nitrogenous compounds of alfalfa ensiled at various percents of dry matter. **Journal of Dairy Science** v.67, n. 2, p. 299-306, 1984.

KUNG, L.; ROBINSON JUNIOR, R.; RANJIT, N. K.; CHEN, J. H.; GOLT, C. M.; PESEK, J. D. Microbial populations, fermentation end-products, and aerobic stability of corn silage treated with ammonia or a propionic acid-based preservative. **Journal of Dairy Science**, v. 83, n. 7, p. 1479-1486, 2000.

LIMA, E. M. L. C.; GONÇALVES, K. M.; KELLER, J. A. V.; RODRIGUES, F. P. C.; SANTOS, P. H. F.; MICHEL, V. S. RAPOSO, AND D. G, JAYME. Re-ensiling and its effects on chemical composition, in vitro digestibility, and quality of corn silage after different lengths of exposure to air. **Journal of Animal Science**. v. 97, n. 2, p. 250-257, 2016.

LIN; C.; BRENT, B. E.; BOLSEN, K. K.; FUNG, Y. C. Epiphytic lactic acid bacteria succession during the pre-ensiling and ensiling periods of alfalfa and corn. p.113, 1992.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. OM. Fisiologia da produção de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica** (INFOTECA-E), 2006.

McDONALD, P; HENDERSON, A. R; HERON, S.J.E. The biochemistry of silage, 2,ed, Merlow: **Chalcomb Publications**,340p, 1991.

MIZUBUTI, I. Y., RIBEIRO, E. L. DE A., ROCHA, M. A., SILVA, L. DAS D. F., PINTO, A. P., FERNANDES, W. C., & ROLIM, M. A. Consumo e digestibilidade aparente das silagens de milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, n. 1, p. 267-272, 2002.

MOORE, K.J.; JUNG, H.J.G. Lignin and fiber digestion. **Journal of Range Management**, v.54, n.4, p.420-430, 2001.

MUCK R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p.183-191, 2010.

NEUMANN, M., LEÃO, G. F. M., COELHO, M. G., FIGUEIRA, D. N., SPADA, C. A., & PERUSSOLO, L. F. Aspectos produtivos, nutricionais e bioeconômicos de híbridos de milho para produção de silagem. **Archivos de Zootecnia**, v. 66, n. 253, p. 51-57, 2017.

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**, v. 1, p. 127-145, 2001.

OWENS, F.; BASALAN, M. **Grain processing: gain and efficiency responses by feedlot cattle**. In: Plains Nutrition Council Spring Conference. Proceedings... p.76-100, 2013.

PAHLOW, G., R. E. MUCK, F. DRIEHUIS, S. J. W. H. OUDE ELFERINK, AND S. F. SPOELSTRA. Chapter 2: Microbiology. in Silage Science and Technology. Agronomy Monograph. D. R. Buxton, R. E. Muck, and J. H. Harrison, ed. **American Society of Agronomy**, Madison, WI, v. 42, p. 31–93, 2003.

PAVINATO, P. S., PAULETTI, V., MOTTA, A. C. V., & MOREIRA, A. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2017.

PHILIPPEAU, C., LANDRY, J., & MICHALET-DOREAU, B. Influence of the protein distribution of maize endosperm on ruminal starch degradability. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, n. 3, p. 404-408, 2000.

PIRES, D. A. D. A., JÚNIOR, R. G., JAYME, D. G., GONÇALVES, L. C., RODRIGUES, J. A. S., RODRIGUEZ, N. M., ... & JAYME, C. G. Qualidade e valor nutritivo das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor L.*) colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 5, n. 02, 2006.

RABELO, C. H. S.; REZENDE, A. V.; RABELO, F. H. S; NOGUEIRA, D. A.; SENEDESE, S. S.; VIEIRA, P. F.; BERNARDES, C. L. AND CARVALHO, C. Silagens de milho inoculadas microbiologicamente em diferentes estádios de maturidade: perdas fermentativas, composição bromatológica e digestibilidade in vitro. **Ciência Rural** v. 44, n. 2, p. 368-373, 2014.

SANTOS, R. D., PEREIRA, L. G. R., NEVES, A. L. A., AZEVÊDO, J. A. G., DE MORAES, S. A., & COSTA, C. T. F. Características agronômicas de variedades de milho para produção de silagem. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 32, n. 4, p. 367-373, 2010.

SCHMIDT, P.; SOUZA, C. M.; BACH, B. C. Uso estratégico de aditivos em silagens: Quando e como usar. **Simpósio: produção e utilização de forragens conservadas**, v. 5, p. 243-264, 2014.

SILVA, D. J., & QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos** (3rd ed.). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SOUZA, W. F. **Silagem de soja associada a diferentes níveis de silagem de milho em dietas para bovinos de corte**. 40 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

SOUZA, C. M. **Impacto ambiental da produção de silagens: revisão da literatura e avaliação experimental em silos laboratoriais**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

TABACCO, E., PIANO, S., REVELLO-CHION, A., & BORREANI, G. Effect of *Lactobacillus buchneri* LN4637 and *Lactobacillus buchneri* LN40177 on the aerobic stability, fermentation products, and microbial populations of corn silage under farm conditions. **Journal of dairy science**, v. 94, n. 11, p. 5589-5598, 2011.

TOMICH, T. R.; TOMICH, R. G. P.; GONÇALVES, L. C.; BORGES, I.; RODRIGUES, J. A. S. Nutritional value of sorghum-sudangrass hybrids compared to other roughage sources used in the period of low availability of pastures. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 58, n. 6, p. 1249–1252, 2006.

VILELA, H. H., Rezende, A. V. D., Vieira, P. D. F., Andrade, G. A., Evangelista, A. R., & Almeida, G. B. D. S. Valor nutritivo de silagens de milho colhido em diversos estádios de maturação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n. 7, p. 1192-1199, 2008.

WANG, YUXI; MCALLISTER, TIM A.; ACHARYA, SURYA. Condensed tannins in sainfoin: composition, concentration, and effects on nutritive and feeding value of sainfoin forage. **Crop Science**, v. 55, n. 1, p. 13-22, 2015.

4. CAPÍTULO III – PERDAS FERMENTATIVAS, ESTABILIDADE AERÓBIA E MICROBIOLOGIA DE SILAGENS EMURCHECIDA DE AVEIA COM INOCULANTES BACTERIANOS

4.1 RESUMO

Silagens de aveia são comumente utilizadas na região sul do país. Contudo, estudos analisando inoculantes específicos para essa cultura ainda são escassos. O objetivo deste trabalho foi avaliar o uso de dois de inoculantes microbianos na conservação de silagem de aveia preta emurhecida. Foram utilizados três tratamentos: Controle, sem adição de bactérias; 11G22 - inoculante recomendado para culturas de inverno composto por *L. buchneri*, *L. plantarum* e *Enterococcus faecium*, na proporção de 100.000 UFC/g ($1,1 \times 10^5$ UFC/g); 11C33 – inoculante recomendado para silagens de milho, composto por *L. buchneri* e *L. plantarum*, na proporção de 110.000 UFC/g ($1,1 \times 10^5$ UFC/g). Os inoculantes foram diluídos em água deionizada (2 L/t) e aspergidos sobre 60 kg de forragem fresca picada por meio de pulverizadores manuais. Foram utilizados cinco repetições, em delineamento inteiramente casualizado. Os silos foram armazenados por 63 dias em temperatura ambiente. Após esse período, determinou-se as perdas fermentativas, produção de gases, composição bromatológica, contagem microbiana, compostos orgânicos voláteis, estabilidade aeróbia e pH durante exposição ao ar. A inoculação não alterou a produção de gases durante a fermentação das silagens. Entretanto, a composição química foi influenciada pelos inoculantes, apresentando maiores proporções de fração fibrosa (2,5 de FDN, 2,73 de FDA e 0,5 de lignina em unidade percentual de MS), menor MS (1,86 unidades percentuais de MS) e maiores perdas por gases (2,6 unidade percentual da MS) nas silagens. Ambos inoculantes também elevaram a estabilidade aeróbia das silagens (+ 32 horas) e reduziram a temperatura máxima, apesar de não influenciar as perdas de MS durante a exposição ao ar. A inoculação nas silagens de aveia com ambos inoculantes proporcionou melhoria da estabilidade em aerobiose, reduzindo as perdas pós abertura do silo, contudo obtiveram maiores perdas fermentativas.

Palavras-chave: bactérias ácido lácticas, *E. faecium*, emurhecimento, *L. buchneri*, *L. plantarum*.

4.2 INTRODUÇÃO

Na região sul do Brasil predomina o clima subtropical, o qual possibilita a utilização de cereais de inverno de boa produção de matéria seca (MS) e qualidade nutricional, fatores interessantes para a alimentação de ruminantes (ROSÁRIO et al., 2012). Um desses cereais é a aveia preta (*Avena strigosa* Schreb), onde, na forma de silagem pré-secada possui valores energéticos consideráveis, bom valor nutritivo (BASSO, et al., 2013) e teores de proteína bruta que varia entre 12 a 13%, superiores aos da silagem de milho (SCHEFFER-BASSO et al., 2003).

Visando melhorar a conservação da forragem a ser ensilada, fatores essenciais como o teor de matéria seca, teor de carboidratos solúveis e a capacidade tampão da forragem deve ser considerados, pois influenciarão o processo fermentativo e, conseqüentemente, a qualidade do material (WILKINSON et al., 2003; ROOKE; HATFIELD, 2003). Para isso, técnicas de emurhecimento da planta antes da ensilagem podem colaborar para a concentração de nutrientes devido diminuir a umidade do material. Porém, embora gere resultados satisfatórios, na região sul o processo de emurhecimento pode ser prejudicado devido à umidade relativa elevada, associada a baixas temperaturas.

Assim, uma segunda estratégia pode ser utilizada - inoculantes – os quais irão auxiliar, por meio da aceleração e direcionamento para uma fermentação láctica e maior estabilidade aeróbia das silagens pré-secadas. Ambas as técnicas são utilizadas com o intuito de reduzir fermentações indesejáveis, que podem acarretar em perdas (CERUTTI, 2018).

Entretanto, segundo Ávila et al. (2012), para um bom funcionamento do inoculante deve-se atentar a população epifítica da planta a qual se deseja ensilar, e nem sempre um inoculante desenvolvido para uma forrageira terá a mesma eficácia em outras culturas, contudo poucos estudos são realizados para comprovar de fato esse efeito.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito de um inoculante específico para culturas de inverno e outro recomendado para o milho, sobre a composição química, perdas fermentativas, contagem microbiana e estabilidade aeróbica de silagens de aveia emurchecidas.

4.2.1 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1.1 LOCAL DE REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido no Centro de Pesquisa em Forragicultura (CPFOR), localizado na fazenda experimental pertencente à Universidade Federal do Paraná, localizada no município de Pinhais/PR, situada às coordenadas geográficas 25° 26' 41" de latitude Sul e 49° 11' 33" de longitude Oeste. Na Figura 1 são apresentados os dados meteorológicos coletados na Estação Meteorológica de Pinhais - PR durante as etapas de ensilagem, compreendido entre os dias 31 de agosto a 01 de setembro de 2020.

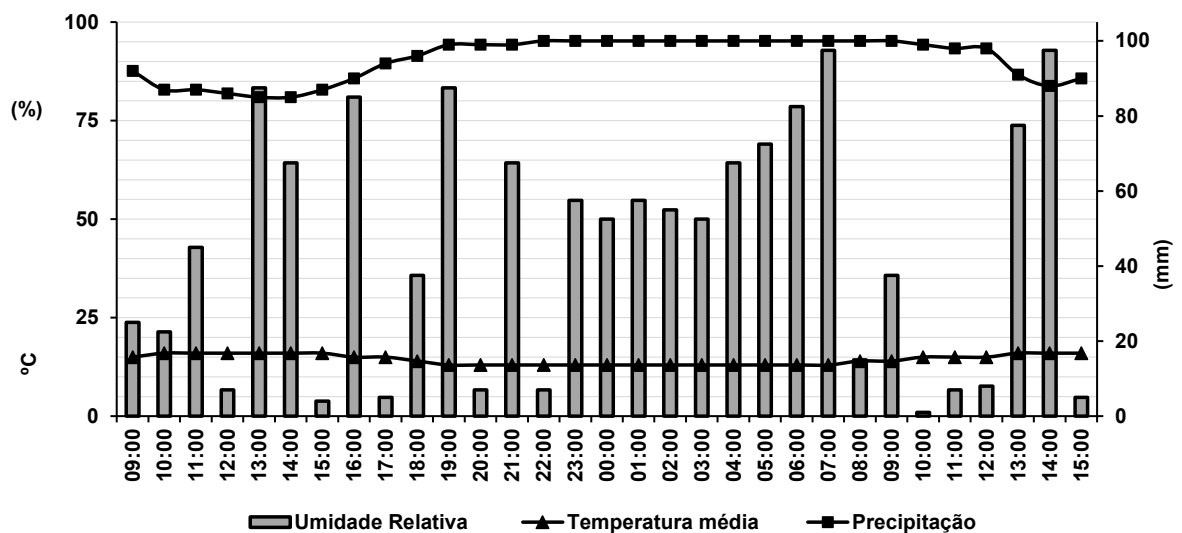


Figura 1 – Precipitação, umidade relativa do ar e temperatura média durante as etapas de ensilagem.

Fonte: SIMEPAR (2020) adaptado pela autora.

4.2.1.2 IMPLANTAÇÃO E CORTE DA CULTURA

A cultivar de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) utilizada foi a Embrapa 139 variedade Neblina, semeada manualmente em uma área de 100 m², no dia 09 de maio de 2020, por meio de plantio convencional, na densidade de 100 kg ha⁻¹, em profundidade de 3 cm, com espaçamento entre fileiras de 19 cm, utilizando-se o adubo formulado NPK 8-20-20, na dose de 350 kg por hectare. Em 08 de junho foi realizada

adubação de cobertura com ureia, na dose de 100 kg de N/ha, de acordo com as recomendações do Manual de Adubação e Calagem do Estado do Paraná (PAVINATO et al., 2017).

A colheita foi realizada no dia 31 de agosto, feita manualmente a 5 cm de altura do solo, com auxílio de uma alfange. Após a colheita a massa forrageira foi espalhada em lonas plásticas, em camadas de 15 cm de altura, sem compactação, sendo revolvida e nivelada manualmente com auxílio de ancinho e garfo, até atingir teor de matéria seca de 29%, totalizando 31 horas de secagem. Posteriormente, o material foi picado em picadora estacionária regulada para corte em tamanho médio teórico de partícula de 10 mm.

4.2.1.3 TRATAMENTOS

A forragem picada foi imediatamente dividida em três montes de 35 kg cada, em lonas sanitizadas distantes 4 metros entre si. Foram avaliados três tratamentos: Controle, sem adição de bactérias; 11G22 - inoculante recomendado para culturas de inverno composto por *L. buchneri*, *L. plantarum* e *Enterococcus faecium*, na proporção de 100.000 UFC/g ($1,1 \times 10^5$ UFC/g de forragem fresca); 11C33 – inoculante recomendado para silagens de milho, composto por *L. buchneri* e *L. plantarum*, na proporção de 110.000 UFC/g ($1,1 \times 10^5$ UFC/g de forragem fresca), ambos inoculantes fornecidos pela empresa Pioneer®. Os inoculantes foram diluídos em água deionizada (2 L/t de forragem fresca) com base nas recomendações do fabricante e aspergidos sobre 60 kg de forragem fresca picada por meio de pulverizadores manuais. Após a homogeneização, a forragem foi pesada individualmente a fim de padronizar a massa específica para 600 kg de MV/m³ em todas as unidades experimentais, e rapidamente compactada nos silos. O tratamento controle recebeu a mesma dosagem de água destilada.

4.2.1.4 ENSILAGEM

Foram usados silos experimentais (8,8 L) providos de sistema de válvulas para a mensuração da produção de gases e aparato para determinação gravimétrica de perdas durante a fase fermentativa, segundo metodologia descrita por Bueno et al. (2020). A forragem (5,3 kg/silo) foi compactada manualmente nos silos experimentais

para atingir massa específica de 600 kg de MV/m³. Os silos foram vedados com cola de borracha líquida (Selabond®), e mantidos sob temperatura ambiente durante 63 dias, com coleta de gases nos primeiros 6 dias após o fechamento dos silos. As perdas fermentativas inerentes ao processo de ensilagem foram estimadas por diferenças gravimétricas, conforme descrito por Jobim et al. (2007).

4.2.1.5 AMOSTRAGEM E ANÁLISES

Amostras foram coletadas na ensilagem (n=3) e após a abertura dos silos (n = 15) para determinação de perdas fermentativas, contagem microbiana e estabilidade aeróbia, conforme métodos descritos nas sessões 2.1.4; 2.1.5 e 2.1.6 do Capítulo 2. As análises bromatológicas foram realizadas em NIRS de acordo com a sessão 2.1.4 do Capítulo 2 no laboratório comercial 3rlab®. Na Tabela 9 são apresentados os valores referentes à composição bromatológica da forragem fresca no momento da ensilagem.

Tabela 9- Características químicas e microbiológicas de aveia no momento da ensilagem.

Variáveis ¹	Tratamentos			Média
	Controle	11G22	11C33	
pH	6,29	-	-	-
MS	29,3	28,4	29,03	28,9
Cinzas	7,5	7,4	7,7	7,5
FDN	62,2	61,6	61,7	61,8
FDA	38,8	38,3	38,09	38,4
PB	12,5	12,4	12,5	12,5
EE	1,8	1,8	1,8	1,8
Lignina	4,6	4,5	4,4	4,5
Amido	4,6	4,8	4,5	4,6
			Log UFC/g	
BAL	3,90			
Leveduras	5,72			
Fungos Filamentosos	4,18			

¹pH- potencial hidrogeniônico; MS – Matéria seca; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA- Fibra em detergente ácido; PB – Proteína bruta; EE – Extrato etéreo; UFC – Unidades formadoras de colônia; BAL – Bactérias ácido lácticas; 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*), 11G22 - composto de bactérias (*L. buchneri*, *L. plantarum* e *E. faecium*).

4.2.1.6 DELINEAMENTO E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com cinco repetições. As análises estatísticas foram realizadas por meio do procedimento do programa estatístico Sistema de Análises de Variância para Dados Balanceados – SISVAR® (FERREIRA, 2011). Os resultados foram submetidos a uma análise de variância para avaliar os efeitos dos inoculantes nas variáveis avaliadas. Todos os procedimentos estatísticos foram conduzidos usando 0,05 como o nível de probabilidade crítico para um erro de tipo I. Para as variáveis em que a análise de variância foi significativa, utilizou-se a comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível 5% de significância.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição bromatológica das silagens de aveia está apresentada na Tabela 10. A utilização da técnica de emurchecimento elevou o teor de MS de 21 para 29%, assegurando redução da produção de efluentes. Devido às condições climáticas desfavoráveis excedeu-se o tempo de secagem (31 horas), o que pode ter reduzido a eficiência fermentativa. A inoculação influenciou a maior parte das variáveis qualitativas avaliadas.

Tabela 10. Composição química-bromatológica das silagens de aveia sem inoculante (controle) ou inoculadas com inoculantes microbianos.

Variáveis ¹	Tratamentos				P-Valor
	Controle	11G22	11C33	EPM	
pH	4,5 ^c	4,9 ^a	4,8 ^b	0,02	<0001
MS % MS	30,2 ^a	28,2 ^b	28,6 ^b	0,36	0,0056
Cinzas % MS	7,9	7,9	7,8	0,10	0,6014
FDN % MS	62,6 ^b	64,9 ^a	65,3 ^a	0,27	<0001
FDA % MS	39,07 ^b	41,8 ^a	41,8 ^a	0,18	<0001
CS % MS	3,2 ^b	3,4 ^{ab}	3,7 ^a	0,14	0,0464
PB % MS	12,2	12,2	11,8	0,17	0,2126
EE % MS	1,9 ^b	2,1 ^a	2,01 ^{ab}	0,03	0,0024
Lignina % MS	4,6 ^b	5,1 ^a	5,09 ^a	0,04	<0001
Amido % MS	3,2 ^a	2,8 ^b	2,7 ^b	0,12	0,0118
Ác. Lático	5,09 ^a	2,3 ^b	3,4 ^{ab}	0,42	0,0168
Ac. Acético	1,7 ^b	2,9 ^a	2,4 ^a	0,17	0,0034
Ac. Butírico	nd	nd	nd	-	-
Etanol	0,25	0,30	0,30	0,02	0,6323

Médias seguidas por letras diferentes na linha são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). pH- potencial hidrogeniônico; MS – Matéria seca; FDN – Fibra em detergente neutro; FDA- Fibra em detergente ácido; CS – Carboidratos solúveis; PB – Proteína bruta; EE – Extrato etéreo; Controle - sem adição de bactérias; 11G22 - composto de bactérias (*L. buchneri*, *L. plantarum*, *E. faecium*); 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*); EPM - erro padrão da média.

A variável pH foi influenciada pelo uso de inoculantes, obtendo os maiores valores em comparação à silagem controle. Este resultado ocorreu porque as silagens de aveia estabilizam-se em pH mais elevado devido ao seu alto poder tampão em comparação a outras culturas como o milho. Os valores estão próximos aos encontrados por Boin et al. (2005), que acharam valores médios de 4,48 no mesmo teor de MS em silagens de aveia branca. Além disso, pode ser explicado em função do menor teor de ácido láctico verificado no momento da abertura, pois segundo Kleinschmit e Kung (2006), silagens inoculadas com cepas de *L. buchneri* podem ter maior pH do que silagens controle devido à conversão de ácido láctico em ácido acético, o que corrobora com os dados do presente estudo.

Silagens controle apresentaram maior teor de MS devido ao perfil de fermentação homolático dessas silagens. A inoculação de cepas de *L. buchneri* resultaram em menores concentrações de MS visto a rota metabólica menos energeticamente eficiente dessas BAL. Naturalmente haverá perdas nos teores de MS de silagens resultantes do processo fermentativo causado pela respiração celular e metabolismo dos microrganismos anaeróbios, que são responsáveis pelo consumo de açúcares, produção de CO₂ e água durante o processo (JUNGES et al., 2013). Porém, verificamos que a utilização de inoculantes microbianos pode reduzir ainda mais (1,8%) os teores de MS.

Em decorrência da redução de MS das silagens aditivadas, as frações FDN, FDA e lignina foram maiores (2,5; 2,73; 0,49 unidades percentuais, respectivamente), em relação à silagem controle. Os teores de extrato etéreo diferiram entre os tratamentos. Esse fator também foi observado por Gomes et al. (2019), que encontraram valores de FDN maiores (65,1%) em silagens com inoculantes microbianos em relação à silagem controle (60,4%). Segundo Nussio et al. (1998), valores de FDA em torno de 40% ou mais podem acarretar em redução do consumo e baixa digestibilidade, pois esse parâmetro representa as frações celulose e lignina, sendo a lignina a fração não digestível da planta, mas que dá resistência ao caule. Esse fato corrobora com os dados de lignina apresentados também na Tabela 10, que também foram maiores nas silagens com uso de inoculante. Os teores de amido

também diferiram, onde a silagem controle destacou-se por apresentar o maior valor em relação aos demais tratamentos, o que indica que o amido foi consumido pelas BAL, reduzindo esse carboidrato e proporcionalmente colaborando para o aumento de fibras.

A inoculação proporcionou menores concentrações do ácido láctico e maiores de ácido acético nas silagens de aveia em comparação ao tratamento controle. As silagens inoculadas com 11G22 apresentaram maior teor de ácido acético e menor teor de ácido láctico, em relação às silagens inoculadas com 11C33, indicando especificidade do inoculante às condições físico-químicas e microbiológicas encontradas na forragem estudada. Esses achados reforçam a recomendação para o desenvolvimento e uso de inoculantes microbianos específicos para diferentes forragens usadas para a produção de silagens. Gomes et al. (2019) verificaram que a aplicação de *L. buchneri* reduziu as concentrações de ácido láctico e aumentou as concentrações de ácido acético em silagens de aveia emurchecidas. Fato este, também verificado neste trabalho. Foi realizada análise de correlação de Pearson entre os teores dos ácidos avaliados por cromatografia (HPLC) e os valores apresentados nos laudos das amostras secas avaliadas por NIRS. Como esperado, as correlações foram baixas e não significativas ($r = 0,767$ e $r = 0,669$), para os ácidos láctico e acético, respectivamente.

O perfil fermentativo das silagens impactou as perdas fermentativas como demonstrado na Tabela 11, onde silagens controle, de maior porcentagem de ácido láctico (5,08% MS), apresentaram menores perdas totais de MS e perdas por gases do que aquelas aditivadas e de menores concentrações deste ácido (2,28 e 3,36% MS).

Tabela 11 - Perdas fermentativas em silagens de aveia tratadas ou não com inoculantes microbianos

Variáveis	Tratamentos				P-Valor
	Controle	11G22	11C33	EPM	
		% MS			
Perda total de MS	4,2 ^b	6,8 ^a	6,8 ^a	0,35	0,0002
Perda por gases	3,3 ^b	5,9 ^a	5,9 ^a	0,35	0,0001
		Kg/t forragem			
Efluente	9,3	9,6	9,5	0,39	0,8309
		L/Kg MS			
Produção de gases	4,20	4,18	4,58	1027,64	0,6569

Médias seguidas por letras diferentes na linha são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey ($P < 0,05$), Controle - sem adição de bactérias; 11G22 - composto de bactérias (*L. buchneri*, *L. plantarum*, *E. faecium*); 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*), EPM - erro padrão da média; MS – Matéria Seca.

Segundo Filya (2003), as bactérias heteroláticas são fermentadoras menos eficientes do que as homoláticas em função da produção de CO₂. Esse gás representa a MS perdida para o ambiente, o que elevou as perdas durante a fermentação. Gomes et al. (2019), verificaram que silagens de aveia branca inoculadas com *L. buchneri* resultaram em maior perda por gases e de matéria seca, porém obtiveram maior estabilidade aeróbia, como verificado neste trabalho.

A produção de gases acumulada após 6 dias iniciais de coleta foi similar entre os tratamentos (Figura 3).

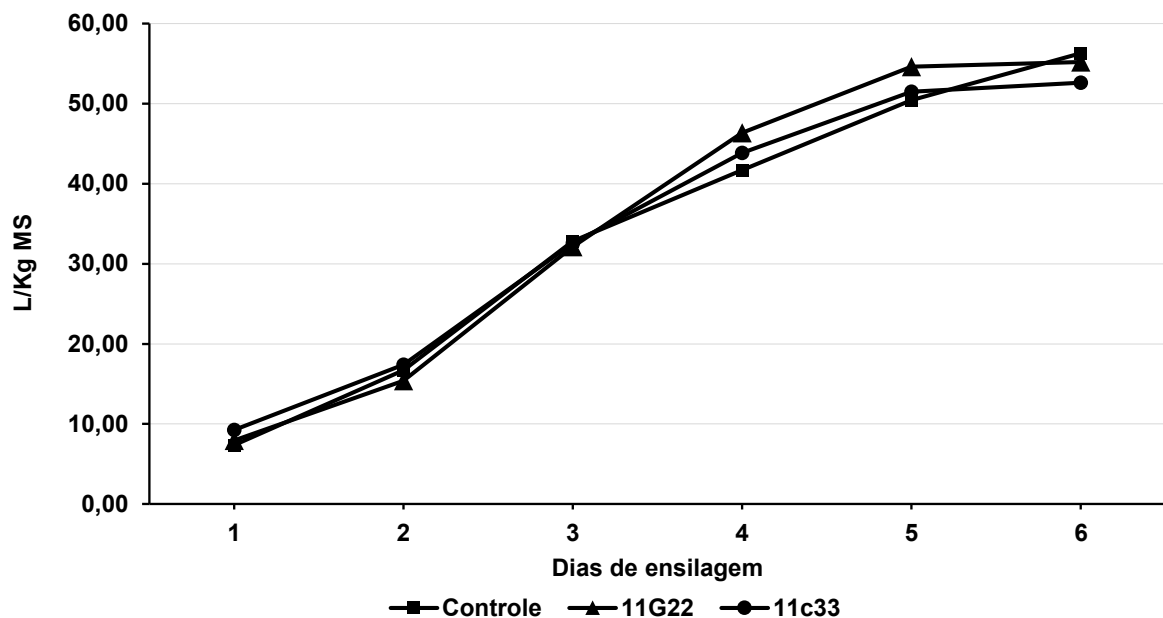


Figura 3 - Produção de gases em silagens de aveia, durante a estocagem. Controle, sem adição de bactérias; 11G22 - composto de bactérias (*L. buchneri*, *L. plantarum*, *E. faecium*); 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*).

Houve produção de gases até o sexto dia de avaliação, e o volume médio produzido (5,4 L/silo) foi inferior aos volumes normalmente vistos em silagens de milho (~9 L/silo) em função da menor disponibilidade de carboidratos rapidamente fermentescíveis, comum nas silagens de gramíneas de inverno. Embora as silagens inoculadas apresentassem produção de gases ligeiramente superior, em função do metabolismo das bactérias heteroláticas, isso não foi suficiente para causar diferenças estatísticas no volume total.

A população de BAL foi maior nas silagens controle seguido dos tratamentos 11C33 e 11G22, respectivamente (Tabela 12). Isso pode ser justificado pela população epifítica da planta que não contém cepas selecionadas para fermentação, ao contrário das BAL inoculadas nas silagens aditivadas que então dominaram o meio sob anaerobiose.

Tabela 12. Contagens microbianas em silagem de aveia sem inoculante (Controle) ou inoculada com bactérias ácido lácticas.

Variáveis	Tratamentos				P-Valor
	Controle	11G22	11C33	EPM	
	Log UFC/g				
BAL	6,9 ^a	6,5 ^b	6,6 ^{ab}	0,09	0,0222
Leveduras	4,7	4,7	4,7	0,15	0,8800
Fungos filamentosos	4,7	4,5	3,6	0,56	0,3844

Médias seguidas por letras diferentes na linha são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05), Controle - sem adição de bactérias; 11G22 - composto de bactérias (*L. buchneri*, *L. plantarum*, *E. faecium*); 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*). BAL – Bactéria ácido láctica; UFC – Unidades formadoras de colônia; EPM - erro padrão da média.

O efeito do aumento dos teores de ácido acético melhorou a estabilidade aeróbia de silagens de aveia aditivadas (Tabela 13). O inoculante 11G22 elevou em 36 horas a estabilidade das silagens, em função do maior teor de ácido acético, e numericamente proporcionou mais 7,2 horas de estabilidade em comparação ao aditivo 11C33. Bactérias heteroláticas como o *L. buchneri* produzem além do ácido láctico, ácido acético e propiônico, os quais possuem propriedades antifúngicas e controlam a ação de leveduras (FILYA, 2003) em silagens expostas ao ar.

Tabela 13. Estabilidade aeróbia em silagens de aveia tratadas ou não com inoculantes microbianos.

Variáveis	Tratamentos				P-Valor
	Controle	11G22	11C33	EPM	
EA, horas	191,02 ^b	226,6 ^a	219,4 ^a	6,74	0,0068
TMax, °C	31,0 ^a	25,3 ^b	26,2 ^b	0,61	0,0000
PMS _{Sea} , g kg/MS	90,6	79,7	74,0	0,47	0,0802

Médias seguidas por letras diferentes na linha são estatisticamente diferentes pelo teste de Tukey (P<0,05), Controle - sem adição de bactérias; 11G22 - composto de bactérias (*L. buchneri*, *L. plantarum*, *E. faecium*); 11C33 – composto de bactérias (*L. buchneri* e *L. plantarum*); EA – Estabilidade aeróbia; TMAX – Temperatura máxima; PMS – Perdas de matéria seca; EPM - erro padrão da média.

Contudo, os três tratamentos apresentaram estabilidade em aerobiose de silagens de boa qualidade. Gomes et al. (2019), avaliando silagens de aveia

emurchecidas com adição de inoculante bacteriano contendo *L. buchneri* na dose 4×10^5 UFC/g também observaram alta estabilidade aeróbia (240 h). Além dessa variável, a temperatura máxima das silagens controle foi superior aos demais tratamentos, 6,30°C acima do tratamento 11G22, de menor temperatura máxima.

Na Figura 4, nota-se que durante os dez dias de estabilidade aeróbia as silagens 11G22 apresentaram valores de pH menores em relação aos demais tratamentos, seguida do tratamento 11C33, que possibilitou valores de pH intermediários. A silagem controle obteve um aumento considerável nos valores de pH no decorrer da estabilidade aeróbia. Segundo Muck (2010), conforme os produtos da fermentação são utilizados, há uma elevação do pH da silagem, visto que o pH acima de 4,5, torna o ambiente propício ao crescimento de uma extensa variedade de outros microrganismos aeróbicos, como leveduras e fungos filamentosos, deteriorando a silagem e causando maior aquecimento da massa forrageira.

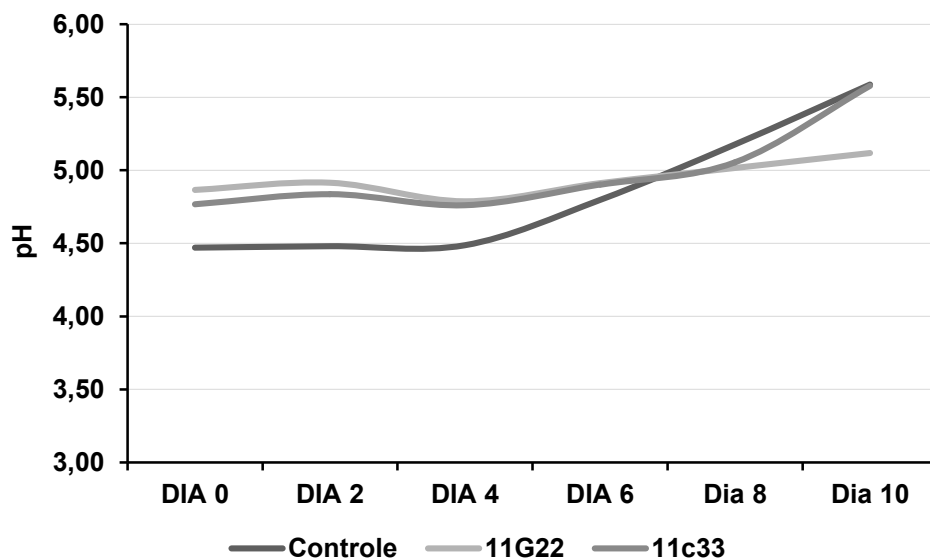


Figura 4. Gráfico da curva de pH entre os tratamentos da silagem de aveia em aerobiose, gerado pelos valores de pH a cada 48 h durante o período de 10 dias, durante a fase de exposição aeróbia, para os tratamentos controle, 11G22 e 11C33.

A estabilidade dos tratamentos aditivados está estritamente relacionada à bactéria heterofermentativa *L. buchneri* presente no inoculante. Esta espécie foi inoculada com o intuito de melhorar a estabilidade aeróbia das silagens devido a sua capacidade de aumentar a quantidade de ácido acético e, como consequência, diminuir a população de leveduras em silagens (MUCK, 2010). Como visto no trabalho, em um contexto geral, mesmo obtendo bons resultados, o inoculante

recomendado para a cultura da aveia (11G22) se fez superior ao inoculante 11C33 recomendado para a cultura do milho. Podendo indicar que a presença da bactéria *E. Faecium* facilitou em manter o pH mais baixo juntamente com *L. buchneri* e *L. plantarum* proporcionando desta forma maior eficácia sob a ensilagem de planta de aveia emurcheada em comparação ao aditivo 11C33.

4.4 CONCLUSÃO

A inoculação nas silagens de aveia com ambos inoculantes proporcionou melhoria da estabilidade em aerobiose, reduzindo as perdas pós abertura do silo, contudo as perdas fermentativas foram maiores. Embora os tratamentos com bactérias atrasassem o aumento da temperatura da silagem com a exposição ao ar, todas as silagens apresentaram alta estabilidade.

REFERÊNCIAS:

ÁVILA, C. L. D. S., PINTO, J. C., OLIVEIRA, D. P., & SCHWAN, R. F. Aerobic stability of sugar cane silages with a novel strain of *Lactobacillus* sp. isolated from sugar cane. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 41, n. 2, p. 249-255, 2012.

BASSO, C. J., SANTI, A. L., LAMEGO, F. P., SOMAVILLA, L., & BRIGO, T. J. Vinhaça como fonte de potássio: resposta da sucessão aveia-preta/milho silagem/milho safrinha e alterações químicas do solo na Região Noroeste do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 43, n. 4, p. 596-602, 2013.

BOIN, Celso et al. Composição e digestibilidade de silagens de aveia branca produzidas em quatro estádios de maturação. **Boletim de Indústria animal**, v. 62, n. 1, p. 35-43, 2005.

BUENO, A. V. I.; VIGNE, G. L. D.; NOVINSKI, C. O.; BAYER, C.; JOBIM, C.C.; SCHMIDT, P. Natamycin as a potential silage additive: A lab trial using sugarcane to assess greenhouse gas emissions. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49: 1-12. 2020.

CERUTTI, W.G. **Silagem pré-secada de cereais de inverno com ou sem uso de aditivos**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Maria.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FILYA, I. Nutritive value of whole crop wheat silage harvested at three stages of maturity. **Animal Feed Science and Technology**, 103, 85- 95, 2003.

GOMES, A. L. M.; JACOVACI, F. A.; BOLSON, D. C.; NUSSIO, L. G.; JOBIM, C. C. AND DANIEL, J. L. P. Effects of light wilting and heterolactic inoculant on the formation of volatile organic compounds, fermentative losses and aerobic stability of oat silage. **Animal Feed Science and Technology** 247:194-198, 2019.

JOBIM, C. C., NUSSIO, L. G., REIS, R. A., & SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 101-119, 2007.

KLEINSCHMIT, DH E L. KUNG JR. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on fermentation and aerobic stability of corn and grass silages and small grains. **Journal of Dairy Science**. v. 89, n. 10, p. 4005-4013, 2006.

JUNGES, D., SCHMIDT, P., NOVINSKI, C. O., & DANIEL, J. L. P. Additive containing homo and heterolactic bacteria on the fermentation quality of maize silage. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, 35(4), 371–377, 2013.

MUCK, R. E. Silage microbiology and its control through additives. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 183-191, 2010.

NUSSIO, L.G.; MANZANO, R.P.; PEDREIRA, C.G.S. Valor alimentício em plantas do gênero *Cynodon*. In: PEIXOTO, A.M.; PEDREIRA, C.G.S.; MOURA, J.C. et al. (Eds) **Manejo de pastagens de tifton, coastcross e estrela**. Piracicaba: FEALQ, p. 203-242, 1998.

PAVINATO, P. S., PAULETTI, V., MOTTA, A. C. V., & MOREIRA, A. **Manual de adubação e calagem para o estado do Paraná**. 2017.

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, p.251-304, 2003.

ROSÁRIO, J. G., NEUMANN, M., UENO, R. K., MARCONDES, M. M., & MENDES, M. C. Produção e utilização de silagem de trigo. **Applied Research & Agrotechnology**, 5(1), 207-218, 2012.

SCHEFFER-BASSO, S. M., FONTANELI, R. S., & DÜRR, J. W. Valor nutritivo de forragens: concentrados, pastagens e silagens. **Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo-Centro de Pesquisa em Alimentação**, 31p, 2003.

WILKINSON, J. M.; BOLSEN, K. K.; LIN, C. J. History of silage. **Silage science and technology**, v. 42, p. 1-30, 2003.

SOUZA, C. M. **Impacto ambiental da produção de silagens: revisão da literatura e avaliação experimental em silos laboratoriais**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados experimentais apresentados no Capítulo II, avaliando a cultura do milho, mostram que o atraso da colheita até atingir 42,5% MS (12 dias) é benéfico pelo aumento do teor de amido na silagem, sem comprometer outros parâmetros qualitativos e perdas de fermentação, o que conseqüentemente trará resultados na produção animal, devido ao maior teor energético dessas silagens. É importante destacar que a produção de silagens mais secas devem estar aliadas ao uso do inoculante, que atua de modo a preservar os nutrientes do material ensilado e promover aumento significativo na estabilidade pós abertura. Contudo, a ensilagem de forrageiras com teor de MS mais elevado, como o milho, devem estar atreladas a equipamentos adequados e que não comprometam o processo produtivo.

As forrageiras de inverno possuem certas limitações de armazenamento, como alto teor de umidade e baixo teor de carboidratos solúveis, portanto, aditivos e / ou emurhecimento são premissas importantes para evitar perdas no processo. Entretanto, dados sobre a cultura de aveia ainda são muito escassos, principalmente em relação a uso de produtos específicos. De acordo com os resultados obtidos nas condições experimentais apresentadas no Capítulo III, observa-se que a especificidade do produto trouxe resultados estatisticamente similares ao inoculante 11C33, mesmo que os valores médios do inoculante específico tenha apresentado um aumento numérico das características benéficas esperadas (ácido acético, concentração de amido, estabilidade aeróbia, temperatura e perdas de matéria seca pós estabilidade).