

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

JAQUELINE DESTRI

**PARÂMETROS FERMENTATIVOS E NUTRICIONAIS DE SILAGENS
DE MILHO (*Zea mays*, L.) E AVEIA BRANCA (*Avena sativa*, L.) COM
BAIXOS TEORES DE MATÉRIA SECA E INOCULADAS COM
ADITIVO MICROBIANO E ENZIMÁTICO**

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS

2021

JAQUELINE DESTRI

PARÂMETROS FERMENTATIVOS E NUTRICIONAIS DE SILAGENS DE MILHO (*Zea mays*, L.) E AVEIA BRANCA (*Avena sativa*, L.) COM BAIXOS TEORES DE MATÉRIA SECA E INOCULADAS COM ADITIVO MICROBIANO E ENZIMÁTICO

Fermentative and nutritional parameters of corn silagens (*Zea mays*, L.) and white oats (*Avena sativa*, L.) with low contents of dry matter and inoculated with microbial and enzymatic additive

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Reimann Skonieski

Coorientador: Dr. Olmar Antonio Denardin Costa

**DOIS VIZINHOS
2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



JAQUELINE DESTRI

PERFIL FERMENTATIVO E VALOR NUTRICIONAL DE SILAGENS DE MILHO (ZEA MAYS L.) E AVEIA BRANCA (AVENA SATIVA L.) COLHIDAS COM BAIXO TEOR DE MATÉRIA SECA E INOCULADAS COM DIFERENTES DOSES DE ADITIVO MICROBIANO E ENZIMÁTICO.

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre em Zootecnia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Produção Animal.

Data de aprovação: 26 de Fevereiro de 2021

Prof Fernando Reimann Skonieski, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Acir Felipe Grolli Carvalho, Doutorado - União de Ensino do Sudoeste do Paraná (Unisep)

Prof.a Ana Carolina Fluck, - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof Julio Viegas, Doutorado - Universidade Federal de Santa Maria (Ufsm)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 01/03/2021.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR *campus* Dois Vizinhos e o programa da pós-graduação em zootecnia pela oportunidade de realização deste trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Reimann Skonieski, pela orientação, dedicação, paciência, confiança e por todos os ensinamentos.

Ao meu coorientador Dr. Olmar Antonio Denardin Costa, pela colaboração e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos os Professores do programa de pós-graduação em zootecnia que contribuíram para o meu desenvolvimento e aprendizado.

Aos meus pais Rejane Terezinha Feltrim Destri e Valdecir José Destri, por todo o apoio, incentivo e amor que me é dado diariamente.

Ao meu companheiro de graduação, mestrado e de vida, Everton Robert Bones pelo companheirismo, amizade e apoio em mais essa fase de nossas vidas.

A todas as pessoas que de alguma forma direta ou indireta, intelectual ou emocionalmente estiveram presentes durante o desenvolvimento deste trabalho auxiliando na execução e conclusão do mesmo.

RESUMO

DESTRI, Jaqueline. Parâmetros fermentativos e nutricionais de silagem de milho (*Zea Mays*, L.) e de aveia branca (*Avena Sativa*, L.) com baixo teor de matéria seca inoculadas com aditivo microbiano e enzimático. 2021. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021.

Um dos aspectos mais importantes na confecção de silagens consiste na colheita com adequado teor de matéria seca, entre 30 e 40%, por exemplo, entretanto devido a inúmeros fatores nem sempre esses valores são atingidos. Dessa forma, o objetivo foi avaliar se o perfil fermentativo e o valor nutricional de silagens de milho e de aveia branca colhidas com baixo teor de matéria seca foram influenciados quando inoculadas com diferentes doses de aditivo microbiano enzimático. O experimento foi conduzido em área experimental pertencente a Unidade de Ensino e Pesquisa de Bovinocultura de Leite da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Dois Vizinhos. O milho foi semeado no dia 07 de novembro de 2018 e as colheitas foram realizadas nos dias 05 e 12 de fevereiro de 2019. A cultura da aveia branca foi estabelecida no dia 18 de abril de 2019 e as colheitas foram realizadas nos dias 16 de julho e 01 de agosto de 2019. O inoculante foi adicionado a massa triturada durante o processo de compactação nas doses de 0, 500, 1.000, 1.500, 2.000 mg kg⁻¹ de matéria verde. O perfil fermentativo foi estimado pelas análises de recuperação de matéria seca, perdas gasosas, perdas por efluentes, pH, capacidade tampão, nitrogênio amoniacal, açúcares solúveis e ácidos graxos voláteis de cadeia curta (lactato, acetato, propionato, butirato). O valor nutricional foi determinado através da matéria mineral, proteína bruta, amido, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, lignina, hemicelulose, celulose e cinética de degradação ruminal *in vitro*. A silagem de milho colhida com maior teor de matéria seca apresentou melhores resultados quando comparada com a silagem com menor teor de matéria seca. Já para a aveia branca o menor teor de matéria seca resultou no melhor perfil fermentativo, valor nutricional e a degradação ruminal *in vitro*. O aditivo microbiano enzimático mostrou efeito positivo em ambas às culturas ensiladas.

Palavras-chave: Inoculante para silagem. Degradação ruminal *in vitro*. Silagem de cereais de inverno. Silagem com alto teor de umidade.

ABSTRACT

DESTRI, Jaqueline. Fermentation and nutritional parameters of corn (*Zea Mays*, L.) and oat (*Avena Sativa*, L.) silages with low dry matter content with microbial and enzymatic additives. 2021. Dissertation (Master's in animal science) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021.

One of the most important aspects of the ensiling process consists of harvesting with an adequate dry matter content between 30 and 40%; however, due to countless factors, these values are not always reached. Thus, the objective was to evaluate whether the fermentative profile and the nutritional value of corn and oat silages harvested with low dry matter content were influenced by different doses of enzymatic microbial additive. The experiment was carried out in an experimental area belonging to the Dairy Cattle Teaching and Research Unit of the Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos Campus. The corn was sown on November 7, 2018, and the harvests were carried out on February 5 and 12, 2019. The oat crop was established on April 18, 2019, and the harvests were carried out on July 16 and August 1, 2019. The inoculant was added to the crushed mass during the compaction at doses of 0; 500; 1,000; 1,500; and 2,000 mg/kg⁻¹ of fresh material. The fermentative profile was estimated by analyses for dry matter recovery, gas losses, losses from effluents, pH, buffering capacity, ammoniacal nitrogen, soluble sugars, and short-chain volatile fatty acids (lactate, acetate, propionate, butyrate). The nutritional value was determined through chemical analyses for ash, crude protein, starch, neutral detergent fiber, acid detergent fiber, lignin, hemicellulose, cellulose, and *in vitro* ruminal degradation. The corn silage harvested with a higher dry matter content showed better results than the silage with a lower dry matter content. The lowest dry matter content resulted in the best fermentation profile, nutritional value, and *in vitro* ruminal degradation for the oat. The enzymatic microbial additive showed a positive effect on both ensiled crops.

Keywords: Silage inoculants. *in vitro* ruminal degradation. Winter cereals silage. High moisture silage.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Soma de precipitação total (mm) e da temperatura média (°C) mensal ao longo dos cultivos do milho e aveia branca.....	22
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Perfil fermentativo da silagem de milho inoculadas com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.....	33
Tabela 2 -	Composição nutricional da silagem de milho inoculadas com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.....	34
Tabela 3 -	Parâmetros da cinética de degradação ruminal <i>in vitro</i> de silagem de milho inoculadas com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.....	37
Tabela 4 -	Perfil fermentativo da silagem de aveia branca inoculadas com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.....	41
Tabela 5 -	Valores da composição nutricional da silagem de aveia branca inoculadas com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.....	42
Tabela 6 -	Parâmetros da cinética de degradação ruminal <i>in vitro</i> de silagem de aveia branca inoculadas com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	13
3.1	SILAGEM	13
3.2	SILAGEM DE MILHO	15
3.3	SILAGEM DE GRAMÍNEAS TEMPERADAS	16
3.4	AVEIA BRANCA	17
3.5	TEOR DE MATÉRIA SECA DAS SILAGENS	18
3.6	INOCULAÇÃO	20
4	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	LOCAL	22
4.3	SILAGEM DE AVEIA BRANCA (<i>Avena sativa</i> , L.)	23
4.4	INOCULAÇÃO DAS SILAGENS	24
4.5	ANÁLISES LABORATORIAIS	25
4.6	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1	PERFIL FERMENTATIVO E VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DE MILHO	29
5.2	DEGRADAÇÃO RUMINAL <i>In vitro</i> DA SILAGEM DE MILHO	35
5.3	PERFIL FERMENTATIVO E VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DE AVEIA BRANCA	38
5.4	CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL <i>In vitro</i> DE SILAGEM DE AVEIA BRANCA	43
6	CONCLUSÕES	45
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	47
	ANEXOS	55

1 INTRODUÇÃO

A utilização de silagens é uma prática comum para a conservação de forragens que consiste na preservação das características nutricionais da planta no momento do corte, através de um processo de fermentação em meio anaeróbio. Essa estratégia é adotada para garantir o fornecimento de alimento volumoso aos animais durante todo o ano (NEUMANN et al., 2010).

A principal cultura utilizada no Brasil para silagem é o milho, o qual apresenta bons resultados de produtividade, parâmetros fermentativos e alto valor nutricional da planta ensilada (SILVA; MACHADO JUNIOR, 2014). Entretanto, segundo o mesmo autor, o custo de produção da silagem de milho e a alta demanda de grãos vêm fazendo com que cada vez mais se busque alternativas para substituição da silagem de milho.

O clima característico da região sul do Brasil no período de inverno torna possível o cultivo de cereais de inverno como a aveia branca (*Avena Sativa*, L.), uma opção para alimentação de ruminantes tanto na forma de pastejo como na forma de alimento conservado, tornando-se possível substituto da silagem de milho, aproveitando as áreas em pousio nessas épocas, aumentando a disponibilidade de alimento aos animais (ROSÁRIO et al., 2012).

Um dos grandes desafios na confecção de silagem é o ponto de corte da planta, a planta deve ser colhida para ensilagem com valores entre 30 e 40 % de matéria seca (EVANGELISTA, 2000). Quando o material é colhido com teores de matéria seca abaixo de 30%, a produção de silagens de menor qualidade, já que o alto teor de umidade ocasiona perdas que podem ser pela produção de efluente ou pela proliferação de microrganismos indesejados (JOBIM; NUSSIO, 2013). Neste caso, passa a ser necessária a adoção de algumas medidas, como o uso de inoculantes.

A ação dos inoculantes sobre a massa ensilada variam de acordo com suas características e suas doses utilizadas (ANJOS et al., 2018), por sua vez os inoculantes microbianos enzimáticos tem como intuito melhorar as características nutricionais, devido ao seu auxílio na queda de pH e na diminuição das perdas de matéria seca (ZOPOLLATTO; DANIEL; NUSSIO, 2009). Porém, no Brasil, a

inoculação de silagem só é realizada em 27% das propriedades que confeccionam silagem (SILVA et al., 2014).

Este estudo teve como objetivo avaliar se a utilização de diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático influenciou o perfil fermentativo, valor nutricional e a cinética de degradação ruminal *in vitro* de silagens de milho e de aveia branca ensiladas com baixos teores de matéria seca.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar se a utilização de diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático influenciou o perfil fermentativo, valor nutricional e a cinética de degradação ruminal *in vitro* de silagens de milho e aveia branca colhidas com baixo teor de matéria seca.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar se a inclusão de diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático (0, 500, 1.000, 1.500, 2.000 g ton⁻¹ de matéria verde) influencia o perfil fermentativo, valor nutricional e a cinética de degradação ruminal *in vitro* da silagem de aveia branca confeccionada com dois teores de matéria seca diferentes;

Avaliar se a inclusão de diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático (0, 500, 1.000, 1.500, 2.000 g Tonelada⁻¹ de matéria verde) influencia o perfil fermentativo, valor nutricional e a cinética de degradação ruminal *in vitro* da silagem de milho confeccionada com dois teores de matéria seca diferente.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 SILAGEM

A região Sul do Brasil possui características edafoclimáticas que permitem o cultivo de inúmeras forrageiras, dentre elas espécies temperadas. Contudo, a maioria das espécies apresentam estacionalidade produtiva, ocasionando épocas de vazio forrageiro, principalmente no outono e no início do inverno (BASSO et al., 2004). Para que esse vazio forrageiro não provoque prejuízos na produção animal, principalmente á produção leiteira uma prática bastante adotada pelos produtores é a utilização de forragens conservadas, que visa atender a demanda de alimento volumoso de qualidade e em quantidade suficiente. A forma de conservação mais utilizada é a ensilagem, onde a forrageira é cortada em momento ideal de acordo com a espécie seguida do seu armazenamento em silos (NOVAES et al., 2004).

A ensilagem consiste na conservação da forrageira pela fermentação dos carboidratos presentes na forrageira, associados a produção de ácidos orgânicos, que são responsáveis pela diminuição do pH da massa ensilada, inibindo sua deterioração (WOOLFORD, 1984).

Durante o processo de ensilagem, o principal objetivo a ser alcançado é a anaerobiose e a produção de ácidos orgânicos, especialmente lactato, para que a fermentação ocorra sem a presença de microrganismos indesejáveis. O processo de ensilagem é classificado por quatro fases distintas sendo elas aeróbia, anaeróbia, estabilidade e degradação aeróbica (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A fase aeróbia dura poucas horas após o corte e ocorre quando o oxigênio do meio é reduzido, devido a respiração celular do material ensilado, associados a ação de microrganismos aeróbios ou anaeróbios facultativos (WOOLFORD, 1984). Inicialmente após o corte, a planta transforma a energia da respiração celular oriunda da oxidação da glicose em calor, que é absorvido pela massa ensilada, com o aumento da temperatura há aumento na velocidade de ação das enzimas vegetais, até o termino do oxigênio e dos açúcares disponíveis para a respiração celular (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Altas temperaturas na silagem podem ocasionar a indisponibilidade de proteína vegetal através da formação de ligações

amidas, como também reações de Maillard (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A eficiência na colheita e na vedação do silo unida a uma boa compactação provoca diminuição das perdas na fase aeróbia (OUDE ELFERINK et al., 1999). A demora na vedação do silo, por exemplo, pode ocasionar menor produção de ácido láctico e maior tempo para a diminuição do pH (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

A fase anaeróbia começa quando todo o oxigênio é consumido cesando a respiração celular, inibindo o crescimento de microrganismos aeróbios, criando as condições ideais para o crescimento de bactérias anaeróbias estritas, dentre elas, bactérias lácticas que produzem o ácido láctico (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). O pH cai atingindo valores entre 3,8 a 5,0 devido a elevada produção de ácido láctico (OUDE ELFERINK et al., 1999). O processo de fermentação influencia diretamente na qualidade final da dieta. Para que a fermentação seja eficiente e adequada, a planta precisa atender algumas características como quantidade adequada de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão, teor de matéria seca e estrutura que facilite a compactação (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Os níveis de carboidratos solúveis podem variar conforme o teor de MS da forragem a ser ensilada, por exemplo, quando a anaerobiose se instala as bactérias ácido lácticas passam a utilizar os carboidratos disponíveis para produção de ácido láctico, o que faz com que o pH reduza tornando o meio impróprio para o crescimento de microrganismos indesejados (FARBAIRN et al., 1992).

A capacidade tampão é definida em plantas forrageiras como a resistência da massa a diminuição do pH, e está diretamente relacionada a composição da planta, especialmente relacionada aos teores de proteína bruta, amido, íons inorgânicos e na combinação de ácidos orgânicos e seus sais. A velocidade com que o pH diminui é fundamental para a inibição de microrganismos indesejáveis como espécies do gênero *Clostridium* spp. (JOBIM et al., 2007).

Em seguida institui-se a fase de estabilidade, a qual se define quando o pH da massa ensilada atinge valores mínimos, e não apresenta variações significativas ao longo do tempo de armazenamento. Caso não ocorra a entrada de ar no silo, a massa ensilada não sofrerá mais mudanças significativas, os níveis baixos de pH reduzem a atividade das bactérias anaeróbias e impede o desenvolvimento de bactérias indesejadas, conservando o material ao longo do tempo (OUDE

ELFERINK et al., 1999).

Com a abertura do silo, inicia-se a fase de degradação aeróbia, ocasionando perdas na qualidade devido à propagação de leveduras e/ou fungos ocasionando a formação de ácido butírico e amônia (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). A massa ensilada ainda pode sofrer aumento da temperatura e de pH, acarretando perdas de carboidratos residuais e de produtos finais da fermentação, diminuindo assim sua qualidade (WOOLFORD, 1990).

3.2 SILAGEM DE MILHO

O milho (*Zea Mays, L.*) é uma espécie da família das gramíneas, originária da América (CARVALHO et al., 2013). As características produtivas do milho fazem dele um dos principais cereais utilizados na alimentação animal, seja na avicultura, suinocultura, pecuária leiteira, dentre outras (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000). Dentre as principais formas de utilização do milho na alimentação animal, as que mais se destacam são: grãos e silagens, podendo esta última ser de planta inteira ou de grão úmido. O milho é o principal volumoso utilizado na confecção de silagem de planta inteira, tanto no Brasil, como nas demais regiões produtoras de leite e/ou carne bovina no mundo (BERNARDES; RÊGO, 2014). Segundo Khan et al. (2015) o milho possui as características básicas para produção de uma boa silagem, além de possuir alto rendimento de massa por hectare por unidade de tempo e excelente aceitação pelos animais.

O milho é amplamente utilizado na confecção de silagens devido principalmente a sua produtividade, mas também pela qualidade da fibra, boa palatabilidade e facilidade de manejo, corte e armazenamento (KOMLEH et al., 2011). A fermentação de silagens de milho normalmente é satisfatória, apresenta teores adequados para o processo fermentativo de carboidratos solúveis, possibilitando uma boa fermentação láctica, resultando em um alimento de alto valor nutritivo, além de excelente palatabilidade, com elevada produção de matéria seca e teor ideal de umidade (JAREMTCHUK et al., 2005).

O alto valor nutritivo do milho em relação a outras espécies, marcado pela alta digestibilidade e concentração energética torna a silagem de milho uma das melhores opções para a alimentação animal (ZOPOLLATTO et al., 2009). O estágio de maturidade da planta é o principal fator que determina o adequado processo

fermentativo e a qualidade da silagem, visto que o mesmo influencia na composição estrutural e química da planta, e também na produção por área, com o avanço na idade de corte geralmente ocorre redução nos teores de proteína, carboidratos solúveis e aumento nas frações fibrosas (JOHNSON et al., 2002).

Para que ocorra um processo fermentativo adequado e que a massa final apresente um bom valor nutritivo a recomendação é que a colheita do milho seja realizada entre 30% a 35% de MS, neste estágio a quantidade de MS por área é máxima, geralmente está fase condiz com o estágio de grão farináceo a farináceo duro entre um terço a dois terços da linha do leite (ZEOULA et al., 2003). Cruz et al. (2008), também afirma que o ponto ideal para confecção da silagem é quando o grão está no estágio de dois terços da linha do leite com consistência farinácea dura, ressaltando que nessa fase de corte a um maior aproveitamento pelos animais devido a alta participação do amido dos grãos na massa ensilada. Quando colhido nestes estágios de desenvolvimento da cultura, existe também boa proliferação de bactérias ácido lácticas, que são os principais microrganismos responsáveis pela diminuição do pH garantindo um processo fermentativo e uma silagem de qualidade (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

Um dos métodos utilizados na determinação da maturidade do milho para ensilagem é a proporção entre a porção líquida e sólida do grão, com o avanço da maturidade a porção líquida também chamada de linha do leite, diminui, ocupando a parte inferior do grão (FARIA et al., 2002).

Vilela et al. (2008) ao avaliarem silagem de milho confeccionada em diferentes estágios de maturação, grão leitoso, um terço da linha do leite, metade da linha do leite e dois terços da linha do leite observaram aumento linear do conteúdo de matéria seca, pH e fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, com diminuição das perdas por efluentes e redução do teor de proteína bruta, dessa forma os autores concluíram que a metade da linha do leite é o melhor estágio de maturação do milho para silagem de planta inteira.

3.3 SILAGEM DE GRAMÍNEAS TEMPERADAS

As principais culturas utilizadas para a confecção de silagem são milho e sorgo, e de modo geral culturas tropicais. Porém cada vez mais necessita-se conhecer sobre novas culturas destinadas ao armazenamento na forma de silagem, com o

intuito de diminuir custos e aumentar a disponibilidade de alimento durante todo o ano (PINTO et al., 2007), especialmente em sistemas confinados que são altamente dependentes de alimentação conservada.

As gramíneas de inverno podem ser utilizadas para confecção de silagem a partir da colheita da planta inteira, no estágio de grão pastoso, ou ainda no estágio vegetativo por meio de corte e pré-secagem, a silagem dessas gramíneas apresenta em geral, maior teor proteico e menor concentração energética quando se compara a silagem de milho (BASSO et al., 2003).

No Brasil as silagens feitas com culturas de inverno eram consideradas alternativas para as épocas de escassez, porém cada vez mais vem se destacando e se tornando uma ótima opção de uso não somente em épocas de falta de alimentos, a utilização desses cereais vem apresentando bons resultados dentro da atividade leiteira (ZAMARCHI et al., 2014). Com o despertar do interesse na sua utilização, passou a ser necessário o desenvolvimento de estratégias para melhor utilização dessas cultivares (CARLETTO et al., 2015).

3.4 AVEIA BRANCA

A aveia é uma gramínea de inverno utilizada para produção de forragem, grãos e cobertura verde, cultivada no sul do Brasil. Considerando as espécies de aveia, a aveia branca (*Avena sativa*, L.) possui dupla aptidão (forragem e grãos), enquanto a aveia preta é exclusivamente forrageira (FLOSS et al., 2007).

A aveia branca é uma espécie anual cultivada na época de inverno na região sul do Brasil, pois exige temperaturas mais baixas para que possa germinar e iniciar seu crescimento (MONTEIRO, 2009). Paulino e Carvalho (2004) citam que as forrageiras temperadas, como a aveia branca, necessitam de temperaturas variantes entre 18 e 20°C para que consigam se desenvolver adequadamente.

É utilizada para atender a necessidade de alimento animal através do pastejo, produção de grãos ou através da conservação da mesma, além disso, destaca-se pelo bom rendimento de proteína bruta por área (FONTANELI et al., 1996), quando utilizada com manejo adequado a mesma pode ser utilizada sob pastejo e para produção de grão ou silagem, sem afetar no montante final (BORTOLINI et al., 2004).

Assim como as demais gramíneas temperadas, a aveia branca possui em sua

fase de crescimento vegetativo alta proporção de folhas, baixo teor de fibra e elevado teor de proteína bruta e mineral, com o avanço do estágio vegetativo para o estágio reprodutivo ocorre redução da qualidade com consequente diminuição da digestibilidade e do consumo pelos animais, porém com maior produtividade total de forragem (SÁ, 1995).

Quando cultivada sob condições climáticas, de fertilidade e de adubação adequadas, apresenta bom rendimento de biomassa, bem como boa relação folha colmo, além de alta produção de grão, características essas necessárias para a produção de silagem de qualidade (MEINERZ et al., 2011). Em um estudo conduzido com aveia branca Floss et al. (2003) concluíram que a espécie apresenta elevado teor de proteína bruta e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), com baixos teores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e lignina, demonstrando elevado valor nutricional. Todavia essas características acima descritas são encontradas no estágio vegetativo, quando a planta apresenta alta relação folha:colmo e baixa quantidade de fibra (SÁ, 1995).

A época de corte da aveia para silagem é bastante pesquisada, David et al. (2010), ao avaliarem silagem de aveia branca confeccionada em dois estádios de maturação (floração e grão pastoso), observaram que o melhor perfil fermentativo, valor nutricional e produção de massa foi obtido na silagem no estágio de grão pastoso.

Windmoller et al. (2016), avaliando diferentes épocas de corte de aveia branca para ensilagem (grão leitoso e grão farináceo duro) não constataram diferenças significativas para o valor nutricional entre os estádios de corte, observando apenas pH inferior para aquelas silagens na fase de grão leitoso. Woecichoshi et al. (2018) afirma que o estágio de grão úmido/leitoso é o ponto ideal para a ensilagem, ressaltando que neste estágio a mesma apresenta características energéticas semelhantes a silagem de milho.

3.5 TEOR DE MATÉRIA SECA DAS SILAGENS

A avaliação do teor de Matéria seca (MS) é fundamental já que, na MS estão contidos todos os nutrientes da planta. A estimativa de produção por área com base na MS é mais eficiente do que a estimativa de produção em matéria verde (MV), visto que grandes produções por área de MV com baixo teor de MS nem sempre

resultam em um alimento de qualidade (JOBIM, et al., 2007).

Os teores de MS são fundamentais para que o processo fermentativo se desenvolva adequadamente (ARAÚJO et al., 2007). Forrageiras colhidas com alto teor de MS, superior a 40%, reduzem a eficiência de compactação, dificultando a retirada de oxigênio da massa mantendo um ambiente aeróbico, provocando perdas de MS devido ao consumo de carboidratos solúveis por bactérias indesejáveis e demora na queda de pH (HAIGH, 1990).

Por outro lado, silagens com baixo teor de MS a abaixo de 30% favorecem a fermentação de bactérias clostrídicas, elevando o teor de amônia (proteólise) e ácido butírico (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991). Quando teores de MS são inferiores a 30% e estão associados a valores de pH superiores a 4, há também o desenvolvimento e favorecimento da atividade de enterobactérias, que, segundo Tomich (2003), são grandes responsáveis por perdas de valor nutricional, já que as mesmas utilizam glicose e geram ácido acético, podendo provocar perdas de até 41% da matéria seca da massa ensilada, além da alteração provocada no padrão de queda de pH, gerando uma silagem com menor estabilidade aeróbia após a abertura de silo.

Jobim et al. (2007) ressalta que forrageiras com alto teor de MS, elevada concentração de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão, originarão silagens de boa qualidade, já forrageiras com baixo teor de MS, elevada capacidade tampão e baixa concentração de carboidratos solúveis produzirão silagens de qualidade inferior.

Evangelista (2000) recomenda valores de MS no momento da ensilagem entre 30% e 35%, para que o processo fermentativo seja adequado. Porém, muitas vezes, devido a diversos fatores, como condições climatológicas, disponibilidade de mão de obra e implementos agrícolas, arrendamento de terras, sucessão de culturas (demanda da área para outras culturas ou atividades) ou até mesmo descuido dos produtores, a ensilagem das plantas é antecipada, o que resulta em silagens com baixo teor de MS, distante dos valores recomendados.

Segundo McDonald; Henderson e Heron (1991), a confecção de silagens com índice de MS inferior a 21% associada à baixa concentração de carboidratos solúveis (< 2,2% daMV) e a baixa relação entre capacidade tampão e carboidratos, tende a produzir fermentações secundárias indesejáveis, que provocam perdas nessas silagens. Torna-se nesses casos, necessária a utilização de estratégias que

evitem essa situação e melhorem o processo fermentativo. Alguns métodos consistem na adição de grãos de cereais com alto teor de MS ou o pré-umurecimento do material (LOPEZ; MUHLBACH, 1991), ou ainda a utilização de aditivos microbianos e enzimáticos disponíveis comercialmente.

3.6 INOCULAÇÃO

Existem comercialmente inúmeros aditivos com diversas classificações de acordo com suas características, forma de uso ou resultado esperado. Para Henderson (1993) o aditivo ideal é aquele que ao ser adicionado a silagem proporciona segurança no seu manuseio, auxilia na redução de perdas de MS, melhore a qualidade sanitária da silagem, iniba a fermentação secundária, preserve o valor nutritivo e apresente melhor estabilidade aeróbica após abertura do silo, proporcionando retorno produtivo do animal maior que o custo do aditivo.

McDonald, Henderson e Heron (1991), classificam os aditivos em cinco categorias distintas, sendo elas: os aditivos estimuladores, os inibidores, os inibidores de deterioração aeróbica, os aditivos de nutrientes e os adsorventes. Os aditivos estimulantes são ricos em carboidratos responsáveis por estimular o desenvolvimento de bactérias ácido lácticas. Os inibidores são responsáveis por interferir no desenvolvimento de microrganismos indesejáveis durante o processo de fermentação. Os inibidores de deterioração aeróbica que inibem as perdas no momento de abertura do silo. Os aditivos nutrientes que são responsáveis por melhorar o valor nutricional da matéria ensilada e os adsorventes ou sequestrantes de umidade que são responsáveis por reterem líquidos diminuindo as perdas por efluentes (HENDERSON, 1993).

Os aditivos microbianos são divididos em dois grupos básicos principais os que possuem bactérias homofermentativas e os que possuem bactérias heterofermentativas. As bactérias homofermentativas são capazes de aumentar a produção de ácido láctico acelerando a queda do pH da silagem, já as bactérias heterofermentativas são capazes de produzir além de ácido láctico outros ácidos, dentre eles ácido acético, que aumentam a estabilidade das silagens quando expostas ao ar (ZOPOLLATTO et al., 2009). Esses aditivos apresentam fácil utilização, não oferecendo riscos a saúde nem ao meio ambiente (PINHEIRO, 2008).

A utilização de aditivos microbianos tem o principal objetivo de impedir o surgimento e o desenvolvimento de microrganismos aeróbios, e os anaeróbios indesejados como é o caso das enterobactérias e os clostrídeos, restringido também a atividade de protease da planta e de microrganismos através da adição de microrganismos benéficos para dominação do processo fermentativo sobre a massa ensilada (ZOPOLLATTO et al., 2009).

Já os aditivos enzimáticos podem ser compostos por uma única enzima, pela junção de vários grupos, ou ainda pela combinação de enzimas e bactérias neste caso principalmente por enzimas fibrolíticas e bactérias homofermentativas (LOURES, 2004). Os principais grupos enzimáticos utilizados como aditivos no processo de ensilagem são, hemicelulase que degradam a hemicelulose em açúcares simples, tornando-os disponíveis para serem utilizados como fonte de substrato pelos microrganismos no processo de fermentação, diminuindo o teor de fibra em detergente neutro (FDN). Também podem ser utilizados complexos de celulase com a perspectiva de reduzir os teores de FDN e de fibra em detergente ácido (FDA), e por fim as amilases que atuam na degradação do amido e as pectinases que degradam a pectina (PITT, 1990).

Os principais motivos da utilização de aditivos enzimático na confecção de silagem são: estimular a fermentação em silagens de capins tropicais devido a ação das enzimas celulase e hemicelulase degradando a parede celular e disponibilizando açúcares para o processo de fermentação, auxiliando na queda de pH mais rapidamente. Também pela degradação parcial da parede celular que proporciona aumento na digestibilidade da massa ensilada melhorando o aproveitamento animal (MCDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL

O experimento foi conduzido em área experimental pertencente à Unidade de Ensino e Pesquisa de Bovinocultura de Leite da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná *Campus* Dois Vizinhos, localizada na região fisiográfica denominada de Terceiro Planalto Paranaense, com altitude média de 520 m, latitude de 25°44' Sul e longitude de 53°04' Oeste e aprovado pela CEUA-UTFPR (protocolo nº 23064.020967/2019-87).

. O solo local é do tipo Nitossolo Vermelho Distroférico (BHERING et al., 2008). O clima da região é classificado como Cfa (subtropical úmido) sem estação seca definida, conforme a classificação de Köppen (PELL et al., 2007). Para a experimentação foi utilizada uma área de aproximadamente 2 hectares, para o estabelecimento das culturas. Os dados meteorológicos foram obtidos a partir do grupo de estudos em Biometeorologia da UTFPR, com estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), distante cerca de 500 m da área experimental (Figura 1).

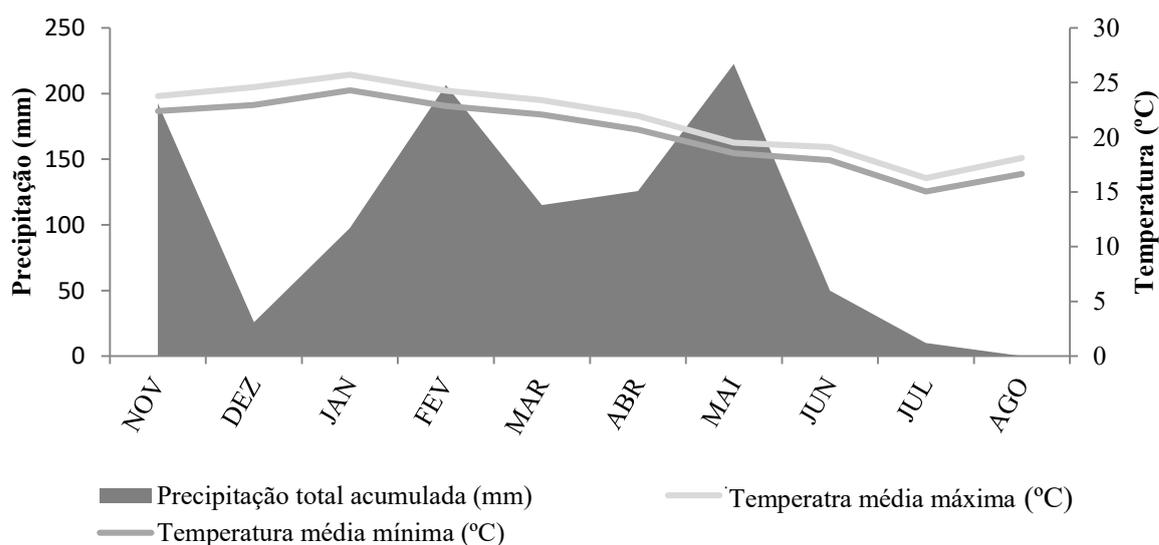


Figura 1- Soma de precipitação total (mm) e da temperatura media (°C) mensal ao longo dos cultivos do milho e aveia branca.

Fonte: INME.

4.2 SILAGEM DE MILHO (*Zea mays*, L.)

O cultivo do milho híbrido BM6602 VTPro2 de ciclo precoce e grão dentados, resistente a insetos da ordem lepidóptera e herbicida glifosato, foi realizado no dia 07 de novembro de 2018, em sistema de semeadura direta, com população de 60.000 plantas por hectare. A adubação de base, conforme análise de solo constou da utilização de 155 kg ha⁻¹ da fórmula 8-20-15 (N-P-K) e 240 kg ha⁻¹ da fórmula 5-20-20 (N-P-K). A adubação de cobertura foi feita com utilização de ureia (45% N), parcelada em duas aplicações de 240 kg ha⁻¹, nos estágios V4 e V6 de desenvolvimento da cultura. A colheita das plantas para silagem ensilagem do milho realizou-se nos dias 05 e 12 de fevereiro de 2019.

O milho foi cortado manualmente a 25 cm de altura do solo, em dez pontos diferentes dentro da lavoura, colhendo uma área equivalente a duas linhas de cultivo por dois metros de comprimento. Logo após a colheita, o material foi triturado em moinho forrageiro estacionário.

No momento da colheita, amostras de plantas foram retiradas afim de estimar a composição morfológica das plantas. Foram realizadas separações de folhas, colmo, pendão, palha da espiga e espiga. Os componentes das plantas foram colocados em sacos de papel tipo kraft, e secos em estufa com circulação forçada de ar com temperatura de 55°C por 72 horas. A produção total de silagem de milho foi de 13. 566 kg MS ha⁻¹.

A confecção das silagens foi feita em mini silos laboratoriais. Foram utilizados aproximadamente 7,5 kg de planta triturada em cada silo. As plantas trituradas foram adicionadas em sacos plásticos transparentes, utilizando-se um molde rígido de poliuretano para compactação. A densidade média de compactação foi de 550 kg MV m⁻³.

Um saco plástico contendo 2 kg de areia, previamente seca, envolveu o os silos contendo as plantas trituradas, com a finalidade de se estimar as perdas por efluentes. Por fim, o conjunto contendo plantas trituradas e areia, foi revestido externamente por dupla camada plástica de cor preta para isolamento da radiação solar. Os silos foram mantidos ao abrigo da luz, calor e em superfície plana e seca e, após 50 dias de fermentação, foram abertos para o início das avaliações.

4.3 SILAGEM DE AVEIA BRANCA (*Avena sativa*, L.)

O plantio da aveia branca cv URS Flete foi realizado no dia 18 de abril de 2019, em sistema de plantio direto, sucedendo a cultura do milho. A densidade de semeadura utilizada foi de 330-360 sementes m^{-2} , totalizando 100 $kg\ ha^{-1}$ de sementes. A adubação de base, conforme análise de solo, constou de 150 $kg\ ha^{-1}$ da fórmula 10-15-15 (N-P-K). A adubação de cobertura foi realizada com ureia (45% N) no estágio vegetativo da cultura, 21 dias após a emergência das plantas (28/05/2019), com utilização de 200 $kg\ ha^{-1}$ de ureia.

A colheita e ensilagem das plantas de aveia branca ocorreu nos dias 16 de julho e 01 de agosto de 2019. Os cortes foram realizados em três diferentes locais, dentro da lavoura, com altura média de 7 cm acima do nível do solo e emprego de colhedora de forragem acoplada ao trator.

No momento da colheita, amostras de plantas foram retiradas afim de estimar a composição morfológica das plantas. Foram realizadas separações de folhas, colmo, material senescente e inflorescência. Os componentes das plantas foram colocados em sacos de papel tipo kraft, e secos em estufa com circulação forçada de ar com temperatura de 55°C por 72 horas.

A ensilagem foi realizada em micro silos laboratoriais de PVC com 10 cm de diâmetro e 45 cm de altura. Internamente, os silos foram revestidos com plástico, onde foram depositados e compactados aproximadamente 2,7 kg de planta triturada em cada silo. No fundo de cada silo, foi adicionado 200 g de areia, previamente seca, com a finalidade de estimar as perdas por efluentes. A densidade média de compactação do material foi de 771 $kg\ MV\ m^{-3}$. Os silos foram acondicionados em local plano e seco, protegidos da radiação solar direta e calor e foram abertos após 42 dias de fermentação.

4.4 INOCULAÇÃO DAS SILAGENS

O inoculante foi adicionado à medida que a aveia foi colocada nos microsilos e compactada, de modo que pudesse se obter boa homogeneização junto ao material triturado. Foram utilizados os seguintes níveis de inoculante: 0, 500, 1.000, 1.500 e 2.000 $mg\ kg^{-1}$ de MV ensilada. O aditivo enzimático/microbiano foi composto por: amilase (10%), protease (15%), celulase (15%), lipase (15%), pectinase (15%), *Lactobacilos acidophilus* (3%), *Bifidobacterium thermophilum* (2%) e *Streptococcus*

faecium (2%).

4.5 ANÁLISES LABORATORIAIS

As análises laboratoriais foram realizadas no Laboratório de Avaliação de Alimentos e Bromatologia da UTFPR *Campus* Dois Vizinhos. A análise dos ácidos graxos voláteis, foi realizada na Central de Análises da UTFPR *Campus* Pato Branco, através de cromatografia gasosa.

As perdas totais decorrentes do processo de ensilagem e fermentação foram estimadas pela diferença de massa na pré-fermentação e pós-fermentação. As perdas causadas pela produção de efluentes, gases e a recuperação de matéria seca (RMS) foram calculadas de acordo com Schimidt (2006), onde:

Recuperação de matéria seca (% MS):

$$\text{RMS} = [(MSi - MSf)] / MSi \times 100$$

Onde:

RMS = Perda Total MS; MSi = Quantidade de MS inicial e MSf = Quantidade de MS final;

Perdas gasosas (% MS):

$$G = [(PCen - Pen) * MSen] - [(PCab - Pen) * MSab] / [(PCen - Pen) * MSen] \times 100$$

Onde:

G = Perdas por gases em % da MS; PCen = Peso do silo cheio na ensilagem (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+tampa+areia+plástico) na ensilagem (kg); MSen = Teor de MS da forragem na ensilagem (%); PCab = Peso do silo cheio na abertura (kg) e MSab = Teor de MS da forragem na abertura (%).

Perdas por efluente (kg/t MV):

$$E = (Pab - Pen) / (MVfe) \times 100$$

Onde:

E = Produção de efluente (kg/tn de massa verde); Pab = Peso do conjunto (silo+areia+ pano+tela) na abertura (kg); Pen = Peso do conjunto (silo+areia+pano +tela) na ensilagem (kg) e MVfe = Massa verde de forragem ensilada (kg).

Após as determinações de perdas, a porção superior das silagens, de cada silo, foi desprezada, a massa retirada do silo foi homogeneizada e amostras foram coletadas para as avaliações subsequentes. O pH das silagens foi determinado com a utilização de potenciômetro digital (SILVA; QUEIROZ, 2002). A capacidade tampão foi determinada pela técnica descrita por Playne e McDonald (1966).

As amostras destinadas as análises de ácidos graxos voláteis foram obtidas através da prensa da silagem após a abertura dos microsilos. Os ácidos graxos voláteis (acetato, propionato, butirato e lactato) foram determinados por meio de cromatografia gasosa segundo a metodologia descrita por Erwin et al. (1961), para determinação de ácidos graxos voláteis o suco da silagem foi filtrado utilizado filtro de papel e em seguida foi centrifugada por 15 minutos a 1.500 rpm. Após a centrifugação as amostras foram filtradas novamente utilizando filtro de seringa 0,22 µm e armazenado em eppendorfs que foram mantidos congelados até o momento da avaliação.

As amostras destinadas a avaliação de nitrogênio amoniacal foram filtradas com auxílio de filtro de papel e em seguidas armazenadas em frascos com 1 mL de ácido sulfúrico 20% para cada 10 mL de amostra e conservadas congeladas até o momento da avaliação. O nitrogênio amoniacal foi estimado por Weatherburn (1967).

Amostras foram coletadas e acondicionadas em sacos de papel kraft, e posteriormente pré-secas em estufa com circulação forçada de ar com temperatura de 55°C por 72 horas, para determinação do teor de MS das silagens. Em seguida foram moídas em moinho estacionário tipo Willey com peneiras de crivo de 1 mm. Foram determinados os teores de matéria seca total em estufa a 105°C durante oito horas (Método 967.03; AOAC, 1998), matéria mineral (MM) através de incineração em mufla a 600°C durante quatro horas. A matéria orgânica (MO) foi calculada como MS – cinzas. Proteína bruta (PB) foi estimada a partir do nitrogênio total pelo método Kjeldahl (Método 2001. 11; AOAC 2001). Fibra em detergente neutro (FDN), com posterior correção para cinzas (FDNc), e a fibra em detergente ácido (FDA) foram realizadas seguindo a metodologia de Van Soest, Robertson e Lewis (1991),

utilizando sacos de poliéster de 16 micras, e autoclave a 110°C por 40 minutos (SENGER et al., 2008). A lignina em detergente ácido (LDA) foi determinada conforme o método 973.18 da AOAC (1998), com a utilização de ácido sulfúrico 72%. A hemicelulose e a celulose foram determinadas pela equação FDA - FDN. Os açúcares solúveis foram determinados seguindo a metodologia fenol sulfúrico descrita por Dubois et al. (1956). A determinação do amido foi realizada usando o método proposto Walter et al. (2005).

As amostras também foram submetidas à análise cinética de degradação ruminal *in vitro*. Foram pesadas 0,5 g de amostras parcialmente secas e moídas, em duplicata, em frascos de cor âmbar de 100 mL, e posteriormente adicionado 50 mL do meio de incubação com o inóculo ruminal, vedados com tampas de borracha e lacres de alumínio e mantidos em banho-maria a 39°C.

As soluções que compõem o meio de incubação foram preparadas de acordo o método de Goering e Van Soest (1970). Após o preparo do meio de cultura o mesmo foi colocado em banho maria a 39°C sob aspensão de CO₂ até que não houvesse mais a presença de oxigênio, tornando o ambiente anaeróbico.

O inóculo ruminal foi coletado de dois bovinos machos castrados, da raça Jersey de aproximadamente 500 kg, com fístula ruminal já implantada (Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA UTFPR, protocolo n° 2014-008), mantidos em sistema de pastejo e previamente adaptados ao consumo de silagem de milho. Os inóculos coletados (2:1 fração líquida e sólida) foram filtrados em tecido de algodão duplo, separados em fração líquida e fração sólida e em seguida homogeneizados dentro de garrafas térmicas para manutenção da temperatura e sempre sob aspensão de CO₂. No momento da incubação, o conteúdo sólido e líquido I foram homogeneizados, filtrados novamente em pano de algodão duplo e adicionado somente a fração líquida da última filtragem ao meio de cultura seguindo a recomendação de Goering e Van Soest (1970). A proporção meio de incubação:inóculo ruminal foi de 4:1.

As leituras de volume e pressão foram realizadas no intervalo de 1, 2, 3, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 24, 30, 36, 48 e 72, 96, 120, 144 horas após o material ser incubado, com o auxílio de dispositivo não automatizado e expressos em mL/0,1g de matéria orgânica (MO).

4.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial (5x2), com cinco tratamentos (doses de inoculante), duas épocas de colheita (datas de colheita) e quatro repetições por tratamento. Os dados coletados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), testando os fatores isoladamente e suas interações. Em caso de efeito significativo dos fatores de tratamento, foi procedida comparação de médias para o fator qualitativo e, regressão polinomial para o fator quantitativo usando o procedimento de modelos mistos (*Mixed*) do SAS (SAS/STAT® 13.1 User's Guide, 2013), versão acadêmica.

A estimativa dos parâmetros da cinética de degradação ruminal *in vitro* foram determinados através do procedimento de modelos não lineares (*NLin*), utilizando modelo matemático unicompartmental descrito por McDonald (1981) e Theodorou et al. (1994).

$$V(t) = v_f [1 - e^{-k(t-l)}]$$

Onde:

$V(t)$ = volume acumulado no tempo t referente a cada horário de leitura (ml);
 V_f = volume acumulado final de gás (ml); e = expoente (base do logaritmo); k = taxa de degradação (ml/h); t = tempo de degradação (h) e l = tempo de latência (h).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PERFIL FERMENTATIVO E VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DE MILHO

A MS, capacidade tampão, nitrogênio amoniacal, acetato e butirato apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$), para data de corte (Tabela 1). Na data de 05/02/2019 obteve-se menor teor de MS, capacidade tampão e nitrogênio amoniacal, e para as variáveis acetato e butirato valores superiores. Na data de corte de 12/02/2019 obteve-se valores de MS, de capacidade tampão, e de nitrogênio amoniacal maiores, já de acetato e de butirato esses valores foram menores.

A diferença estatística para a variável MS se deve às alterações fisiológicas ou morfológicas sofridas pela planta. A composição morfológica da planta de milho ensilada na data de 05/02/2019 apresentou maior proporção de folhas, pendão e palha da espiga, menor quantidade de espigas e valor similar para colmo, em relação ao milho colhido no dia 12/02/2019, o qual apresentou proporções de 15,43% de folhas, 1,58% de pendão, 13,03% de palha da espiga, 40,84% de espigas e 29,12% de colmo. A maior quantidade de espigas no dia 12/02/2019 implica diretamente na elevação do teor de MS, quando comparado à data de 05/01/2019.

Foi observado que os valores referentes a capacidade tampão são contrários aos citados por Van Soest (1994), que afirma que, com o aumento da maturidade da planta há diminuição dos ácidos orgânicos e proteína bruta, reduzindo a capacidade tampão. Além disso, houve maior teor de nitrogênio amoniacal, na colheita das plantas com estágio mais avançado de maturação. No presente estudo, essas diferenças entre datas, não se devem somente as alterações químicas/morfológicas das plantas, conforme descrevem Jobim et al. (2007), mas possivelmente pelo maior tempo decorrido para compactação e vedação dos microsilos na data de 12/02/2019.

Possivelmente as plantas ensiladas no dia 12/02/2019 apresentaram maior fase de respiração celular, resultando em maior capacidade tampão (menor redução do pH por unidade de tempo) e maior proteólise. A ação de proteólise se inicia assim que a planta é cortada e segue durante o processo de ensilagem até o momento em

que as condições ácidas sejam estabelecidas (ÁVILA et al., 2003). Essa ação também pode ser causada pela fermentação secundária oriunda de microrganismos indesejados (VAN SOEST, 1994).

A maior concentração de ácido butírico obtida na silagem colhida em 05/02/2019 pode sinalizar maior ação de microrganismos indesejados nessas silagens, relacionando-se com o menor conteúdo de matéria seca, que permitiria o desenvolvimento de espécies do gênero *Clostridium* spp., por exemplo, devido à alta umidade da massa ensilada. Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991), somente os clostrídeos são responsáveis pela produção de ácido butírico em silagens.

A inoculação microbiana e enzimática das silagens reduziu linearmente a perda de efluentes durante a fermentação. Quando a condição anaeróbia é alcançada, diversos processos se iniciam, entre eles, as células começam a se romper e liberar conteúdo celular, levando a perdas por efluentes, já que os efluentes são decorrentes da saída do conteúdo celular para o meio. Esse processo de extravasamento do conteúdo celular dura até a queda do pH e estabilização da massa ensilada (Wilkinson, 2015). A diminuição linear das perdas por efluentes em função das crescentes doses de inoculante, pode estar relacionada a maior preservação do material original ensilado, devido a atuação do complexo enzimático/microbiano, liberando maior quantidade de substrato para fermentação microbiana por unidade de tempo, proporcionando redução mais abrupta do pH, estabilização da massa ensilada e interrupção da ruptura celular, muito embora não haja diferenças significativas para as demais variáveis fermentativas avaliadas.

Houve interação data de colheita*dose de inoculante para a quantidade de propionato produzido (Tabela 1). Na data de 12/02/2019 observou-se elevação quadrática da concentração de propionato em função das doses de inoculante, sendo que a maior concentração de propionato (74,79 ppm) poderia ser atingida com a utilização de 548,38 kg t⁻¹ MV de inoculante. A colheita realizada no dia 05/02/2019 não mostrou diferença significativa entre a data de colheita*doses de inoculante.

Segundo McDonald, Henderson e Heron (1991) o ácido propiônico também pode ser produzido secundariamente por microrganismos indesejados como o *Clostridium* spp.. O efeito quadrático obtido pode ser atribuído a maior fermentação de microrganismo indesejados nas doses abaixo de 548,38 kg t⁻¹ de MV de aditivo

microbiano e enzimático. Quando doses de aditivo microbiano/enzimático superiores foram utilizadas houve uma melhora nas condições do meio, que pode ter ocorrido por meio da diminuição do pH ou pela maior participação de microrganismos desejados, que por competição levaram a diminuição dos microrganismos indesejados, diminuindo assim os níveis de ácido propiônico na massa ensilada.

As datas de corte também afetaram o valor nutricional das silagens, com diferenças significativas para as variáveis, matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB). A data de 05/02/2019 apresentou menor teor de MM, e maior teor de PB, enquanto que na data 12/02/2019 os valores de MM e PB foram menores. Para as demais variáveis nutricionais não houve efeito da data de colheita (Tabela 2). Essas diferenças devem-se ao estágio de maturação do milho, assim como ocorreu com seu teor de MS. A redução no teor de PB pode ser atribuída ao aumento na proporção de espigas e redução na quantidade de folhas na massa ensilada, como descrito anteriormente. Segundo Vilela et al. (2008) as folhas na cultura do milho, são a parte da planta que apresenta a maior concentração de proteína.

Houve interação entre data de colheita e dose de inoculante para o amido das silagens (Tabela 2). A silagem colhida na data de 05/02/2019 apresentou efeito quadrático das doses de inoculante. Nessa data, a dose de 398 kg/t MV seria capaz de atingir o teor máximo de amido (2.722 g kg^{-1}), doses superiores resultaram em concentrações menores de amido. Já na data de 12/02/2019 o resultado obtido foi a diminuição linear da concentração de amido na massa ensilada com o aumento das doses de inoculante.

No geral, foi percebida uma diminuição nos teores de amido em decorrência das doses crescentes de inoculante, isso está relacionado com a maior fermentação do amido dentro do silo, devido a ação da enzima amilase contida no inoculante. A amilase atua na degradação do amido, disponibilizando açúcares solúveis, que são utilizados pelos microrganismos presentes na massa ensilada (MARQUARDT et al., 2017).

As doses crescentes de inoculante reduziram de forma linear a concentração de hemicelulose na massa ensilada. Para as demais variáveis nutricionais não houve efeito de dose (Tabela 2). A diminuição dos teores de hemicelulose com o aumento das doses de aditivo microbiano e enzimático sinalizam a atuação das enzimas fibrolíticas presentes no aditivo, especialmente ao complexo celulase, as quais atuaram sobre a quebra da celulose, disponibilizando também hemicelulose

para a fermentação microbiana. Ademais, as cadeias de hemicelulose se tornam menos estáveis com a redução do pH, favorecendo seu processo de degradação (MUCK, 1998).

A lignina apresentou interação data de colheita*dose de inoculante (Tabela 2). Na data de 12/02/2019 houve efeito quadrático decrescente, nessa data, o menor teor de lignina (31,08 g/kg) poderia ser atingido com dose equivalente a 330 kg t⁻¹ MV de inoculante. As demais variáveis nutricionais não apresentaram interação data de colheita*dose de inoculante (Tabela 2).

Esse comportamento de redução da concentração de lignina frente as doses crescentes de inoculante, esta relacionado aos resultados observados nas perdas por efluentes, com o aumento das doses houve diminuição da produção e efluentes, logo, a menor lixiviação de compostos proporcionou que uma maior quantidade de nutrientes permanecessem na massa ensilada, e essa maior participação de nutrientes diminui os teores de lignina presentes na mesma.

Tabela 1 - Perfil fermentativo da silagem de milho inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.

Data da colheita	05/02/2019					12/02/2019					Valor de P		
Doses do inoculante (g t ⁻¹ MV)	0	500	1.000	1.500	2.000	0	500	1.000	1.500	2.000	Data	Doses	Data*Doses
<i>Variáveis</i>													
Matéria seca (g kg ⁻¹)	210,55	208,94	217,89	225,90	219,68	238,55	261,13	242,01	255,36	270,55	0,0011	0,5703	0,7376
pH	4,26	4,25	4,27	4,27	3,80	4,20	4,20	4,20	4,25	4,20	0,5857	0,2055	0,2474
Tampão (meq NaOH/100g/MS)	142,90	137,90	141,75	126,34	129,04	147,75	150,22	148,68	149,07	142,13	0,0297	0,5320	0,7538
Nitrogênio amoniacal (dL kg ⁻¹ NT)	92,23	94,28	100,64	91,17	93,15	120,15	105,68	109,03	120,83	129,96	0,0007	0,6859	0,3131
RMS (g kg ⁻¹ MS)	975,37	984,42	980,31	986,56	983,83	985,73	953,96	977,69	972,08	963,97	0,1533	0,8261	0,4594
Perda por efluente (kg t ⁻¹ MV)	0,63	0,47	0,65	0,48	0,38	0,66	0,52	0,76	0,49	0,49	0,1250	0,0079	0,8053
Perda por gases (g kg ⁻¹ MS)	24,62	15,57	19,68	13,43	16,16	14,26	46,03	22,30	27,91	36,02	0,1074	0,8506	0,2755
Lactato (ppm)	24,76	24,36	21,74	21,60	21,35	21,27	20,48	23,68	17,83	24,59	0,5703	0,8452	0,7241
Acetato (ppm)	57,83	66,93	57,83	57,22	58,34	35,15	28,55	32,77	37,09	31,09	0,0001	0,9845	0,6509
Propionato (ppm)	73,61	92,92	108,23	107,70	102,33	54,69	16,96	20,06	35,96	16,88	0,0001	0,1207	0,0100
Butirato (ppm)	9,73	10,89	12,14	12,06	11,35	8,62	6,16	9,47	8,33	7,89	0,0068	0,6642	0,7890

MV= matéria verde; MS= matéria seca; ppm= partes por milhão.

Tabela 2 – Composição nutricional da silagem de milho inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.

Data da colheita	05/02/2019					12/02/2019					Valor de P		
Doses do inoculante (g t ⁻¹ MV)	0	500	1.000	1.500	2.000	0	500	1.000	1.500	2.000	Data	Doses	Data*Doses
<i>Variáveis</i>													
Matéria Mineral (g kg ⁻¹ MS)	39,32	35,61	34,97	37,79	42,03	47,28	47,32	50,95	50,98	43,31	0,0037	0,9271	0,3389
Proteína Bruta (g kg ⁻¹ MS)	97,76	93,77	89,46	97,44	103,42	70,57	83,78	81,53	67,29	71,69	0,0002	0,6426	0,1183
Açúcares Solúvel (g kg ⁻¹ MS)	28,05	29,47	21,97	29,19	23,52	18,48	21,21	22,55	25,94	20,46	0,0613	0,5380	0,5639
Amido (g kg ⁻¹ MS)	24,66	26,05	27,57	26,51	24,40	29,38	26,63	25,45	23,67	23,81	0,7933	0,0010	0,0001
FDN (g kg ⁻¹ MS)	661,89	638,53	612,30	626,60	645,11	676,15	636,37	629,90	623,82	628,29	0,8297	0,0831	0,7697
FDA (g kg ⁻¹ MS)	325,05	323,04	214,05	342,62	293,39	287,25	296,50	288,26	341,65	309,09	0,5518	0,0381	0,1273
Lignina (g kg ⁻¹ MS)	45,78	47,21	43,46	40,46	41,56	35,20	32,04	26,89	33,86	44,15	0,0001	0,0015	0,0015
Hemicelulose (g kg ⁻¹ MS)	32,99	31,54	36,72	30,09	32,55	36,55	29,14	33,40	30,50	31,56	0,5953	0,0155	0,3129
Celulose (g kg ⁻¹ MS)	27,34	26,91	21,97	28,28	27,90	25,11	27,79	26,75	30,89	26,97	0,3527	0,0742	0,2196

MV= matéria verde; MS= matéria seca; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detegente ácido.

5.2 DEGRADAÇÃO RUMINAL *In vitro* DA SILAGEM DE MILHO

No caso da silagem de milho, não houve tempo de latência entre o início da incubação e a produção de gás ruminal *in vitro*. O volume de gás *in vitro* produzido as 24 e 48 horas de incubação apresentou efeito significativo para data de colheita (Tabela 3). O maior volume de gás acumulado, em ambos os horários, foi obtido nas silagens confeccionadas no dia 12/02/2019, quando comparadas as confeccionadas na data de 05/02/2019.

Houve interação data de colheita*doses de inoculante para a taxa de produção de gás (k) e volume de gás acumulado nos tempos 12, 24, 48 e 72 horas (Tabela 3). Na data de colheita de 05/02/2019 a equação que descreve o acúmulo de gás no tempo 48 horas apresentou comportamento linear crescente em função das doses de inoculante microbiano/enzimático, enquanto que no tempo 72 horas o comportamento foi linear decrescente. O modelo estatístico não descreveu curvas significativas para taxa de produção de gás e volume de gás nos tempos 12 e 24 horas nessa data de colheita.

Já na data de colheita de 12/02/2019 a taxa de produção de gás apresentou comportamento linear crescente em função das doses de inoculante enzimático e microbiano mesmo comportamento descrito para o acúmulo de gás nos tempos 12 horas, 24 horas, e 72 horas.

A correlação positiva entre dose de aditivo microbiano e enzimático e produção de gás e taxa de produção de gás *in vitro*, especialmente na data de 12/02/2019, sinaliza o efeito do aditivo sobre a massa ensilada, tornando-a mais degradável no meio ruminal, acelerando sua fermentação, possivelmente com efeito benéfico sobre o desempenho animal. Esse resultado pode estar associado às alterações promovidas pela adição do inoculante à silagem, tais como redução das perdas por efluentes, que garante maior quantidade de nutrientes solúveis na massa ensilada, e redução dos teores de hemicelulose e lignina.

Em ambas as datas, o volume de gás acumulado no tempo 48 horas apresentou comportamento linear crescente. Pode-se relacionar isso a atuação principalmente da enzima celulase sobre os carboidratos fibrosos, que são degradados de forma mais lenta quando comparados ao amido e aos açúcares solúveis, elevando a eficiência da degradação ruminal *in vitro* das silagens.

A diminuição linear da produção de gás com o aumento gradativo da dose de

aditivo às 72 horas pós incubação na silagem confeccionada no dia 05/02/2019, está relacionado ao que foi observado na variável anterior, onde houve maior degradação da massa com o aumento gradativo das doses, logo nas avaliações posteriores havia pouco ou nenhum substrato para degradação, diminuindo a ação das enzimas e microrganismos, reduzindo assim o volume de gás produzido como foi observado para essa variável.

Já na silagem confeccionada no dia 12/02/2019 a correlação da produção de gás com o aumento da dose de inoculante foi crescente às 72 horas pós incubação, sinalizando que ainda havia substrato para a fermentação, provavelmente pelo maior teor de MS, e que houve atuação dos constituintes do aditivo, principalmente da enzima celulase sobre os carboidratos fibrosos de degradação mais lenta, que compunham a massa ensilada.

Tabela 3 - Parâmetros de cinética degradação ruminal *in vitro* de silagem de milho inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano enzimático e baixos teores de matéria seca.

Data da colheita	05/02/2019					12/02/2019					P value		
Doses do inoculante (g t ⁻¹ MV)	0	500	1.000	1.500	2.000	0	500	1.000	1.500	2.000	Data	Doses	Data*Doses
<i>Variáveis</i>													
Vf (mL/0,1 g MO)	28,07	28,09	26,46	25,53	26,20	26,77	26,56	28,29	26,18	28,90	0,4326	0,3518	0,0968
K (mL/0,1 g MO/hora)	0,0367	0,0336	0,0365	0,0297	0,0486	0,0318	0,0405	0,0373	0,0507	0,0418	0,2201	0,1630	0,0301
Tempo ½ (h)	19,09	20,69	19,08	23,35	18,14	21,92	17,39	18,68	15,10	16,69	0,0777	0,6114	0,1002
V12h (mL/0,1 g MO)	10,00	9,35	9,37	7,66	10,73	8,47	10,00	10,21	11,73	11,36	0,0787	0,2359	0,0318
V24h (mL/0,1 g MO)	16,41	15,58	15,41	13,02	16,37	14,25	16,29	16,72	17,92	18,23	0,0437	0,2682	0,0232
V48h (mL/0,1 g MO)	23,18	22,51	21,82	19,39	21,83	20,88	22,54	23,55	23,24	24,94	0,0355	0,2327	0,0164
V72h (mL/0,1 g MO)	26,00	25,59	24,50	22,51	24,17	23,97	24,97	26,33	25,05	27,42	0,0848	0,2195	0,0277
V96h (mL/0,1 g MO)	27,90	27,86	26,31	25,17	25,99	26,42	26,45	28,15	26,10	28,82	0,3505	0,3116	0,0817

Parâmetros de produção de gás ruminal *in vitro*: Vf: volume máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão (mL/0,1 g de MS); K: taxa de produção de gás (mL/0,1 g MO/hora); Tempo de ½: tempo de meia vida (h); V12h: volume de gás produzido após 12 horas de inoculação (mL/0,1 g MO); V24h: volume de gás produzido após 24 horas de inoculação (mL/0,1 g MO); V48h: volume de gás produzido após 48 horas de inoculação (mL/0,1 g MO); V72h: volume de gás produzido

5.3 PERFIL FERMENTATIVO E VALOR NUTRICIONAL DA SILAGEM DE AVEIA BRANCA

As variáveis MS, pH, capacidade tampão, recuperação de MS, perdas por gases, FDN e hemicelulose apresentaram diferença estatística ($P < 0,05$) para data de colheita das silagens (Tabela 4 e Tabela 5). A silagem confeccionada na data de 16/07/2019 apresentou menor teor de MS, pH, perdas por gases, MM, FDN e hemicelulose e maior capacidade tampão e recuperação de MS, quando comparada a silagem confeccionada no dia 01/08/2019.

A diferença estatística entre datas de colheita encontrada na MS está relacionada ao estágio de desenvolvimento da planta no momento da colheita, pois plantas mais jovens e em estágio vegetativo apresentam teores menores de MS do que plantas mais velhas e em estágio reprodutivo. As plantas colhidas no dia 16/07/2019 apresentaram em sua composição morfológica maior proporção de folhas (37,54%) e menor porcentagem de material morto (22,88%) e colmo (33,37%), e proporção similar de inflorescência (6,19%), quando se compara com as plantas ensiladas no dia 01/08/2019 que apresentaram 30,61% de folhas, 26,53% de material morto, 6,12% de inflorescência e 36,73% de colmo. A maior relação colmo*folha e maior participação de material morto justificam o maior teor de MS da silagem confeccionada no dia 01/08/2019.

A maior capacidade tampão obtida nesta avaliação na silagem confeccionada na data 16/07/2019 está relacionada aos fatores fisiológicos das plantas, onde plantas mais jovens apresentam em sua composição maior quantidade de proteína bruta, cálcio, potássio e sódio e principalmente ácidos orgânicos como fosfórico, málico, cítrico glicérico e outros esses ácidos atuam como tamponantes inibindo a diminuição do pH da massa ensilada (JOBIM et al., 2007). Diferentes de plantas mais velhas que tendem a reduzir sua capacidade tampão (VAN SOEST 1994).

Para a variável pH ambas as medias estão acima dos valores obtido por Zamarchi et al. (2014) ao avaliar silagem de aveia branca confeccionada em diferentes estádios (18,8% a 24,6% de MS) de corte que foi de 3,37 a 4,27. Alguns dos fatores que interferem no valor de pH das silagens são teor de umidade do material ensilado, teor de carboidratos solúveis e poder tampão da forrageira (NEUMANN, 2001). Ainda segundo o mesmo autor, materiais ensilado com maior

teor de MS resultam em pH mais elevado do que matérias ensilados com menor teor de MS. Resultado esse que foi observado neste estudo.

A maior taxa de recuperação de MS da silagem confeccionada na data 16/07/2019 é devido as melhores condições da massa ensilada como, a maior disponibilidade de nutrientes para a fermentação, e pH que favoreceu o desenvolvimento rápido e eficiente de microrganismos desejados, diminuindo as perdas causadas por fermentações secundárias. Logo esse resultado está associado às menores perdas por gases obtidos na mesma data, que também foi causada pela maior disponibilidade de nutrientes para a fermentação e melhores condições para o desenvolvimento de microrganismos desejados, inibindo a fermentação de microrganismos secundários responsáveis pela produção de gás (McDONALD; HENDERSON; HERON, 1991).

O aumento da FDN e hemicelulose entre a primeira e segunda data de colheita já era esperado, na medida em que o material estava em florescimento ainda, sem a presença de grãos, ocorrendo, portanto o espessamento da parede celular conforme a o avanço do estágio fisiológico da planta, resultando na diminuição do conteúdo celular com consequente aumento das fibras (BRITO et al., 1999).

As doses de aditivo afetaram significativamente as variáveis MS e acetato (Tabela 4). Para o conteúdo de MS o modelo estatístico gerou uma regressão quadrática, onde o maior teor de matéria seca (253,27 g/kg) pode ser alcançado com a dose de 519,1972 kg/t MV. Para a variável acetato o modelo descreveu uma regressão quadrática decrescente, com obtenção da mínima concentração de acetato (33,14 ppm) com dose de 207,66 kg t⁻¹ MV.

Os resultados evidenciam a relação entre a concentração de acetato e o teor de MS nas silagens. Com a redução da fermentação acética (menor concentração de acetato) com uso de aditivo enzimático/microbiano, o teor de MS das silagens se elevou. Isso porque as fermentações heteroláticas, responsáveis pela produção de ácido acético, eleva as perdas de MS, devido a maior produção de CO₂, H₂O e calor como produtos da fermentação (McDonald; Henderson; Heron, 1991). De acordo com Muck (1988), as perdas de MS decorrentes de fermentações homofermentativas atingem no máximo 0,7%, enquanto que fermentações heterofermentativas podem ocasionar perdas de até 24% de MS.

Nas dosagens mais elevadas de aditivo, o aumento da concentração de ácido

acético, descrita pela curva de regressão, pode estar associado ao aumento da atividade de bactérias *Bifidobacterium thermophilum* que são heterofermentativas e estão contidas na composição do aditivo. Apesar das perdas geradas durante a fermentação acética, o aumento na sua concentração é importante para o controle da deterioração da massa, após a abertura do silo, reduzindo as perdas por fermentações secundárias, especialmente as fúngicas (JOBIM; NUSSIO, 2013).

Tabela 4 - Perfil fermentativo de silagem de aveia branca inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.

Data da colheita	05/02/2019					12/02/2019					Valor de P		
Doses do inoculante (g t ⁻¹ MV)	0	500	1.000	1.500	2.000	0	500	1.000	1.500	2.000	Data	Doses	Data*Doses
<i>Variáveis</i>													
Matéria seca (g kg ⁻¹)	231,90	233,52	253,10	252,87	216,62	259,97	288,40	288,25	279,90	281,65	0,0001	0,0310	0,1088
pH	4,73	4,94	4,89	4,89	4,93	4,96	4,96	4,94	4,94	5,01	0,0486	0,4856	0,5672
Tampão (meq NaOH/100g/MS)	269,33	271,25	268,75	265,75	178,14	123,50	123,25	119,00	116,75	116,50	0,0001	0,7189	0,8260
Nitrogênio amoniacal (dL kg ⁻¹ NT)	54,23	61,07	52,92	58,07	50,27	65,67	52,55	64,42	54,67	49,82	0,5878	0,4305	0,3070
RMS (g kg ⁻¹ MS)	944,60	954,40	939,20	939,43	910,56	924,80	926,35	920,50	865,55	877,80	0,0140	0,1173	0,6299
Perda por efluente (kg t ⁻¹ MV)	13,70	11,96	11,46	13,48	7,82	12,40	11,07	12,64	10,79	9,14	0,5787	0,5787	0,5787
Perda por gases (g kg ⁻¹ MS)	54,80	45,03	60,33	59,96	88,93	74,72	73,25	79,07	134,04	121,87	0,0318	0,2768	0,8903
Lactato (ppm)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Acetato (ppm)	35,33	28,23	27,36	30,50	31,82	37,61	28,62	32,06	27,12	33,78	0,5213	0,0340	0,6130
Propionato (ppm)	20,80	24,57	22,78	25,52	23,84	23,77	26,48	16,19	20,09	23,26	0,3767	0,3748	0,3926
Butirato (ppm)	18,53	16,04	15,09	17,73	16,77	24,12	19,79	16,28	18,33	22,50	0,0187	0,1230	0,7118

MV= matéria verde; MS= matéria seca; ppm= partes por milhão.

Tabela 5 – Composição nutricional da silagem de milho inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.

Data da colheita	05/02/2019					12/02/2019					Valor de P		
Doses do inoculante (g t ⁻¹ MV)	0	500	1.000	1.500	2.000	0	500	1.000	1.500	2.000	Data	Doses	Data*Doses
<i>Variáveis</i>													
Matéria Mineral (g kg ⁻¹ MS)	130,85	122,78	125,12	124,48	143,85	147,38	145,41	140,76	147,48	149,40	0,0001	0,0745	0,3913
Proteína Bruta (g kg ⁻¹ MS)	169,15	163,72	172,18	166,85	265,28	140,53	142,00	140,73	140,82	144,35	0,4264	0,4264	0,4264
Açúcares Solúvel (g kg ⁻¹ MS)	19,93	19,45	22,25	20,22	48,82	30,52	30,70	27,87	25,92	26,82	0,1447	0,4189	0,4189
Amido (g kg ⁻¹ MS)	16,92	16,94	16,50	17,32	11,89	15,99	16,89	16,34	17,85	16,68	0,6458	0,8306	0,8649
FDN (g kg ⁻¹ MS)	501,76	530,32	490,82	526,05	457,50	537,17	546,27	530,52	552,90	539,27	0,0189	0,4015	0,6923
FDA (g kg ⁻¹ MS)	257,26	298,55	288,37	294,50	229,54	254,05	267,55	264,77	269,92	256,65	0,3763	0,3875	0,7014
Lignina (g kg ⁻¹ MS)	81,13	68,07	67,05	69,84	60,95	68,16	66,85	56,86	70,60	60,67	0,4499	0,6316	0,9422
Hemicelulose (g kg ⁻¹ MS)	22,65	23,17	20,24	23,15	22,79	28,31	27,87	26,57	28,29	28,26	0,0001	0,2670	0,9247
Celulose (g kg ⁻¹ MS)	19,41	23,05	21,83	22,46	15,51	19,97	20,06	20,79	19,93	19,59	0,9378	0,7036	0,8050

MV= matéria verde FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detegente ácido.

5.4 CINÉTICA DE DEGRADAÇÃO RUMINAL *In vitro* DE SILAGEM DE AVEIA BRANCA

Na silagem de aveia, também não houve tempo de latência entre o início da incubação e a degradação ruminal *in vitro*. O volume de gás *in vitro* produzido às 12, 24, 48, 72 e 96 horas de incubação foi afetado significativamente pelo tempo de colheita (Tabela 6). O maior volume acumulado de gás, em todos os tempos, foi obtido na data 16/07/2019 quando comparada a data 01/08/2019. Isso está relacionado com o estágio vegetativo da planta no momento da colheita e sua composição nutricional. Como descrito na avaliação nutricional da silagem de aveia, a silagem produzida no dia 16/07/2019 apresentou maior participação de folhas, menor teor de MS, FDN e hemicelulose, apresentando portanto, maior proporção de conteúdo celular de rápida fermentação e menor quantidade de parede celular na massa ensilada.

Houve efeito significativo da dose de inoculante sobre a taxa de produção de gás (k) *in vitro* e o tempo de meia vida ($t_{1/2}$) das silagens (Tabela 6). A taxa de produção de gás apresentou comportamento quadrático crescente frente às doses de inoculante enzimático microbiano. Dessa forma, estima-se que a taxa máxima da observada na cinética degradação ruminal *in vitro* poderia ser obtida com dose de 774,43 kg t⁻¹ de MV. Dessa forma, o tempo de meia vida das silagens apresentou um modelo quadrático decrescente, obtendo-se o menor tempo de meia vida ($t_{1/2}$ = 17,dez horas) com utilização de 756,30 kg t⁻¹ MV de inoculante.

Esse efeito quadrático descrito para a taxa de degradação ruminal *in vitro* e tempo de meia vida das silagens, possui relação direta com o maior teor de MS e o menor teor de acetato, os quais também apresentaram resposta quadrática frente as doses de inoculante (Tabela 4). Na avaliação nutricional discutida anteriormente observa-se a influência dos níveis de acetato sobre o teor de MS da massa ensilada, onde a menor fermentação acética gerou menores perdas de MS, resultando em maior quantidade de substrato na massa ensilada, disponível para a fermentação ruminal, levando assim a maior taxa de degradação ruminal *in vitro* e menor tempo de meia vida para as silagens.

Tabela 6 - Parâmetros da cinética de degradação ruminal *in vitro* de silagem de aveia inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano enzimático e baixos teores de matéria seca.

Data da colheita	16/07/2019					01/08/2019					P value		
Doses do inoculante (g t ⁻¹ MV)	0	500	1.000	1.500	2.000	0	500	1.000	1.500	2.000	Data	Doses	Data*Doses
<i>Variáveis</i>													
Vf (mL/0,1 g MO)	28,50	28,09	27,51	28,89	29,66	24,74	25,15	23,59	24,28	23,35	0,0001	0,3515	0,0814
K (mL/0,1 g MO/hora)	0,0413	0,0428	0,0431	0,0408	0,0377	0,0379	0,0367	0,0392	0,0383	0,0365	0,0001	0,0462	0,4580
Tempo ½ (h)	16.80	16.19	16.19	16.97	19.06	18.42	18.92	17.77	18.15	19.06	0,0005	0,0242	0,2890
V12h (mL/0,1 g MO)	11,12	11,26	11,07	11,19	10,72	9,03	8,96	8,85	8,96	8,28	0,0001	0,2662	0,9591
V24h (mL/0,1 g MO)	17,90	18,00	17,67	18,04	17,49	14,75	14,73	14,36	14,60	13,62	0,0001	0,3181	0,8864
V48h (mL/0,1 g MO)	24,54	24,46	23,96	24,82	24,52	20,68	20,82	19,96	20,41	19,28	0,0001	0,3993	0,5542
V72h (mL/0,1 g MO)	27,02	26,78	26,22	27,36	27,43	23,07	23,35	22,15	22,73	21,65	0,0001	0,4130	0,2844
V96h (mL/0,1 g MO)	28,42	28,03	27,45	28,81	29,44	24,62	25,02	23,50	24,18	23,22	0,0001	0,3635	0,1018

Parâmetros da degradação ruminal *in vitro*: Vf: volume máximo de gás produzido pela degradação da fração solúvel de rápida digestão (mL/0,1 g de MS); K: taxa de produção de gás (mL/0,1 g MO/hora); Tempo de ½: tempo de meia vida (h); V12h: volume de gás produzido após 12 horas de inoculação (mL/0,1 g MO); V24h: volume de gás produzido após 24 horas de inoculação (mL/0,1 g MO); V48h: volume de gás produzido após 48 horas de inoculação (mL/0,1 g MO); V72h: volume de gás produzido após 72 horas de inoculação (mL/0,1 g MO); V96h: volume de gás produzido após 96 horas de inoculação (mL/0,1 g MO).

6 CONCLUSÕES

A silagem de milho com maior teor de MS apresentou melhor valor nutricional quando comparada a silagem com menor teor de MS, devido a menor concentração de lignina e maior produção de gás ruminal *in vitro*.

A silagem de aveia branca com menor teor de MS apresentou melhor perfil fermentativo, valor nutricional e de cinética de degradação ruminal *in vitro* do que a silagem com maior teor de MS, devido a menor concentração de hemicelulose e FDN.

O aditivo microbiano e enzimático diminuiu as perdas por efluentes e os teores de lignina e aumentou a disponibilidade de substrato na massa ensilada através da quebra de compostos como amido e hemicelulose, na silagem de milho. Ademais, o aditivo microbiano e enzimático elevou a cinética de degradação ruminal *in vitro* da silagem de milho com maior teor de MS.

Na silagem de aveia as doses crescentes de aditivo microbiano e enzimático aumentou a fermentação acética e reduziu o teor de MS, entretanto sem alterar a RMS. O aditivo microbiano e enzimático diminuiu o tempo de meia vida e elevou a degradação ruminal *in vitro* de maneira das silagens de aveia branca de forma quadrática.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento na demanda de produção animal de forma geral torna cada vez mais necessária a adoção de medidas que aperfeiçoem a produção de alimentos seja grãos ou volumosos. Esse aperfeiçoamento se dá pelo aumento na quantidade produzida, e na diminuição no tempo gasto para se produzir, diversificação e na adoção de meios eficientes para a conservação.

A confecção de silagens com baixo teor de matéria seca pode passar a ser uma prática necessária para a otimização do uso do solo. E para que a mesma possa apresentar condições ideais de fermentação e de valor nutricional, passa a ser necessária a adoção de medidas como a utilização de inculantes ou o pré murchamento.

Para a obtenção de resultados satisfatórios essa prática ainda precisa ser aprimorada e melhor estudada, para garantir a qualidade do processo fermentativo e do valor nutricional deste alimento.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, M. S.; COORS, J. G.; ROTH, G. W. Corn silage. In: BUXTON, D. R.; MUCK, R. E.; HARRISON, J. H. (Ed.). **Silage Science and Technology**. Madison: American Society Agronomy Crop Science, 2003. p. 547-608.
- ANJOS, G. V. S.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; KELLER, K. M.; COELHO, M.M.; MICHEL, P.H.F.; OTTONI, D.; JAYME, D.G. Effect of re-ensiling on the quality of sorghum silage. **Journal of Dairy Science**, v. 101, n.7, p.6047–6054, 2018.
- A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16a 2nd ed. Maryland, 1998.
- A.O.A.C. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 17th Edition Property, 2001.
- ARAÚJO, V. L.; RODRIGUEZ, N. M.; GOSÇALVES, L. C.; RODRIGUES, J. A. S.; BORGES, I.; BORGES, A. L. C. C.; SALIBA, E. O. S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo ensilados em cinco diferentes estádios de maturação. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.1, p.168-174, 2007.
- ÁVILA, C. L. S.; PINTO, J. C.; EVANGELISTA, A. R. et al. Perfil de fermentação das silagens de capim-tanzânia com aditivos: teores de nitrogênio amoniacal e pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, n.5, p.1144-1151, 2003.
- BASSO, S. M. S.; AGRANIONIK, H.; FONTANELI, R. S. Acúmulo de biomassa e composição bromatológica de milhetos das cultivares comum e africano. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.4, p.483-486, 2004.
- BASSO, S. M. S.; DURR, J. W.; FONTANELI, R. S. **Valor nutritivo de forragens: concentrados, pastagens e silagens**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo – Centro de Pesquisa em Alimentação, 31 p. 2003.
- BERNARDES, T. F.; RÊGO, A. C. do. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.97, n.3, p.1852-1861, 2014.
- BHERING, S. B.; SANTOS, H. G.; BOGNOLA, I. A.; CURCIO, G. R.; CARVALHO JUNIOR, W.; CHAGAS, C. S.; MANZATTO, C. V.; AGLIO, M. L. D.; SILVA, J. S. **Mapa de solos do estado do Paraná: legenda atualizada**. 1^ªed. Rio de Janeiro: Embrapa Floresta: Embrapa Solos, 2008.
- BONNETT, O. T. **The oat plant: Its histology and development**. Illinois Agric Station, 1961. 112p.
- BORTOLINI, P. C.; SANDINI, I.; CARVALHO, P. C. F.; MORAES, A. Cereais de

inverno submetidos ao corte no sistema de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.33, n.1, pp.45-50, 2004.

BRITO, C. J. F. A.; RODELLA, R. A.; DESCHAMPS, F. C.; ALQUINI, Y. Anatomia quantitativa e degradação in vitro de tecidos em cultivares de capim-elefante (*pennisetum purpureum* Schumach). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.2, p.223-229, 1999.

CARLETTO, R.; NEUMANN, M.; LEÃO, G. F. M.; HORST, E. H.; ASKEL, E. J.. Efeito do manejo de cortes sucessivos sobre a produção e qualidade de grão de trigo duplo propósito. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v.13, p.125-133, 2015.

CARVALHO, I. R.; KORCELSKI, C.; PELISSARI, G.; HANUS, A. D.; ROSA, G. M. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia Biosfera**, v.9, n.17, p.969-985, 2013.

COAN, R. M.; FREITAS, D., REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurhecimento e ao uso de aditivos. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v.17, n.1, pp. 58-63, 2001.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M. **Milho para silagem**. AGEITEC: Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONT000fy779fnk02wx5ok0pvo4k3j537ooi.html>. Acessado em: 22/10/2020.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; GONTIJO NETO, M. M. **Qualidade da silagem de milho em função do teor de matéria seca na ocasião da colheita**. Circular técnico. Embrapa milho e sorgo. Sete Lagoas- MG, dezembro, 2008.

DAVID, D. B.; NORNBORG, J. L.; AZEVEDO, E. B.; BRUNING, G.; KESSLER, J. D.; SKONIESKI, R. F. Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 7, p.1409-1417, 2010.

DUBOIS, M.; GILES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.

ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44, n.9, p.1768-1771, 1961.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. **Aditivos para silagem**. Lavras: Editora UFLA, 1999. 17p.

EVANGELISTA, A. R.; LIMA, J. A. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras: UFLA,

2000, 196p.

FAIRBAIRN, R.; ALLI, I.; PHILLIP, L. P. Proteolysis and amino acid degradation during ensilage of untreated or formic acid-treated lucerne and maize. **Grass and Forage Science**, Medford, v. 47, n. 4, p. 382-390, 1992.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Produção de milho. **Guaíba: Agropecuária**, 2000. 360 p.

FARIA, M. A. V. R.; PINHO, R. G. V.; PINHO, É. V. R. V.; GUIMARÃES, R. M.; FREITAS, F. E. O. Qualidade fisiológica de sementes de milho colhidas em diferentes estádios de "linha de leite". **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.1, n.1, p.93-104, 2002.

FLOSS, E. L.; CAIERÃO, E.; CUNHA, G. R.; PIRES, J. L. F. Aveia. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos Cultivos: O fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, p. 81-90, 2009.

FLOSS, E. L.; PALHANO, A. L.; SOARES FILHO, C. V.; PREMAZZI, L. M. Crescimento, produtividade, caracterização e composição da aveia branca. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v.29, n.1, p.1-7, 2007.

FLOSS, E. L.; BOIN, C.; PALHANO, A. L.; SOARES FILHO, C. V.; PREMAZZI, L. M. Efeito do estágio de maturação sobre o rendimento e valor nutritivo da aveia branca no momento da ensilagem. **Boletim de Indústria Animal**, v.60, n.2, p.117-126, 2003.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S. Ensilagem. In: FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURAPECUARIA-FLORESTA NO SUL DO BRASIL**. 2ed. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2012, p.351-366.

FONTANELI, R. S.; FONTANELI, R. S.; SILVA, G.; KOEHLER, D. Avaliação de cereais de inverno para duplo propósito. Pesquisa **Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.31, n.1, pp. 43-50, 1996.

GEBIOMET. **Grupo de Estudos em Biometeorologia**. UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. <http://climautfpr.com.br/>. Acessado em: 01/12/2020.

GOERING, H.K., VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis**. Agricultural handbook n.379. U.S.D.A., Washington, 1970.

HAIGH, P.M. Effect of herbage water-soluble carbohydrate content and weather conditions at ensilage on the fermentation of grass silages made on commercial farms. **Grass and Forage Science**, Medford, v. 45, n. 3, p. 263-271, 1990.

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

HERON, S. J. E.; EDWARDS, R. A.; McDONALD, P. Changes in the nitrogenous components of gamma-irradiated and inoculated ensiled ryegrass. **Journal of Science and Food Agriculture**, v.37, n.10, p.979-985, 1986.

JAREMTCHUK A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M. T.; KOZLOWSKI, L. A.; COSTA, C.; MADEIRA, H. M. F. Características agrônômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. **Acta Scientiarum**, v.27, p.181-188, 2005.

JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.. Princípios Básico da Fermentação na Ensilagem. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: Ciência, Tecnologia e Gestão dos Recursos Forrageiros**. Jaboticabal: Maria de Lourdes Brandel - Me, 2013. Cap. 40. p. 649-660.

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, n. 5, p. 101-119, 2007.

KHAN, N. A. et al. Nutritive value of maize silage in relation to dairy cow performance and milk quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Malden, v. 95, n. 2, p. 238-252, Jan. 2015.

KOMLEH, S. H.P.; KEYHANI, A.; RAFIEE, S. H.; SEFEEDPARY, P. **Energy use and economic analysis of corn silage production under three cultivated area levels in Tehran province of Iran**, *Energy*, v.36, p. 3335-3341, 2011.

LIMA, J.A.; EVANGELISTA, A.R. **Silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum)**. Lavras: Editora UFLA, 2001. 28p.

LOPEZ, S. E.; MUHLBACH, P. R. F. Efeito de diferentes tratamentos na composição químico-bromatológica da aveia branca (*Avena Sativa* L.) conservadas nas formas de silagem ou feno. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.20, n.4, p.333-341, 1991.

LOURES, D. R. S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia**. Tese apresentada á escola superior de agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, para a obtenção do título de doutor em agronomia. Piracicaba 2004. 167p.

MARQUARDT, F. I.; JOBIM, C. C.; BUENO, A. V. I.; RIBEIRO, M. G. Altura de corte e adição de inoculante enzimo-bacteriano na composição químico-bromatológica e digestibilidade de silagens de milho avaliada em ovinos. **Ciência Animal Brasileira**, v.18, p.1-9, 2017.

McDONALD, P. J.; HENDERSON, A. R.; HERON, S. J. E. **Biochemistry of silage**. 2 ed. Mallow: Chalcombe publications, p.340, 1991.

MUCK, R. E. Factors influencing silage quality and their implications for

management. **Journal of Dairy Science**, v. 71, n. 11, p. 2992– 3002, 1988.

NEUMANN, M.; OLIBONI, R.; OLIVEIRA, M. R.; FARIA, M. V.; UENO, R. K.; REINERH, L. L.; DURMAN, T. Chemicals additive used in silages. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**, v.3, n.2, p.197-207, 2010.

NOVAES, L. P.; LOPES, F. C. F.; CARNEIRO, J. C. **Silagens: pontos críticos e oportunidades**. Brasília: Embrapa Cerrados; Juiz de Fora: Embrapa Gado de Leite, 2004. 10p.

OUDE ELFERINK, S. J. W. H.; DRIEHUIS, F.; GOTTSCHAL, J. C. Silage fermentation process and their manipulation. In: FAO ELETRONIC CONFERENCE OF TROPICAL SILAGES, 30., 1999, Rome. **Proceedings...** Rome: FAO, 1999. p. 17-30.

PAULINO, V. T.; CARVALHO, D. D. Pastagens de Inverno. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, São Paulo, v. 1, n. 5, p.1-6, jun. 2004.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Koppen-Geiger climate classification. *Hydrol.* **Earth System Sciences**, v.11, p.1633-1644, 2007.

PINTO, A. P.; MIZUBUTI, I. Y.; RIBEIRO, E. L. A. Avaliação da silagem de bagaço de laranja e silagem de milho em diferentes períodos de armazenamento. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.29, n.4, p.371-377, 2007.

PITT, R. E. Additives for silage and hay preservation. In: Silage and hay preservation. New York: Ithaca, 1990. p.28-44.

PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.17, p.264-268, 1966.

RAMOS, J. P. F.; SOUZA, W. H.; SANTOS, E. M.; MEDEIROS, A. N.; MOURA, J. F.; LIMA JUNIOR, A. C.; CARTAXO, F. Q.; OLIVEIRA, J. S.; SILVA, M. A. Fontes de volumoso em dieta para cabras anglo nubianas em lactação: consumo, digestibilidade e comportamento ingestivo. **Revista Eletrônica de Veterinária**, v. 18, n. 3, p. 1-20, 2017.

REZENDE, A. V.; GASTELDELLO JUNIOR, A. L.; VALERIANO, A. R.; CASALI, A. O.; MEDEIROS, L. T.; RODRIGUES, R. Uso de diferentes aditivos em silagem de capim-elefante. **Ciência e Agrotecnologia**, v.32, n.1, p.281-287, 2008.

SÁ, J. P. G. **Utilização da aveia na alimentação animal**. Londrina: IAPAR, 20p. (circular, 87). 1995.

SANTOS, R. D.; PEREIRA, L. G. R.; NEVES, A. L. A.; ARAÚJO, G. G. L.; VOLTOLINI, T. V.; BRANDÃO, L. G. N.; ARAGÃO, A. S. L.; DÓREA, J. R. R.

Características de fermentação da silagem de seis variedades de milho indicadas para a região semiárida brasileira. **Arquivo Brasileira de Veterinária e Zootecnia**, v.62, n.6, p.1423-1429, 2010.

SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. Tese apresentada para obtenção do título de doutor em agronomia, Área de concentração: ciência animal e pastagens Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 228p. 2006.

SENGER, C. C. D.; KOZLOSKI, G. V.; BONNECARRÉRE, L. M.; SANCHEZ, F. R. M.; ALVES, T. P.; CASTAGNINO, D. S. Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology**, v.146, p.169-174, 2008.

SILVA, C. O.; MACHADO JUNIOR, P. C. Efeito da adição de inoculante bacteriano sobre a qualidade da silagem de milho (*Zea mays* L.). **REDVET - Revista Científica de Medicina Veterinária**, v.1, n.1, p.31-45, 2014.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análises de Alimentos - Métodos Químicos e Biológicos**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002. p.

SIQUEIRA, G.R.; REIS, R.A.; SCHOCKEN-ITURRINO, R.P.; BERNARDES, T.F.; PIRES, A.J.V.; ROTH, M.T.P.; ROTH, A.P.T.P. Associação entre aditivos químicos e bacterianos na ensilagem de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 4, p.789-798, 2007.

The MIXED Produce. In: **SAS/STAT® 13.1 User's guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc. 2013, p.5234-5434.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S.; McALLAN, A. B.; FRANÇA, J. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.185-197, 1994.

TOMICH, T. R., PEREIRA, L. G. R., GONÇALVES, L. C., TOMICH, R. G. P., BORGES, I. **Características químicas para avaliação do processo fermentativo de silagens: uma Proposta para Qualificação da Fermentação**. Documentos – Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003.

TYLUTKI, T. P.; FOX, D. G.; DURBAL, V. M.; TEDESCHI, L. O.; RUSSE, J. B.; VAN AMBURGH, M. E.; OVERTON, T. R.; CHASE, L. E.; PELL, A. N. Cornell net carbohydrate and protein system: a model for precision feeding of dairy cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.143, p.174-202, 2008.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary

fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VIEIRA, F.A.P.; BORGAS, C. A. V.; GONÇALVES, L. C.; COELHO, S. G.; FERREIRA, M. I. C.; RODRIGUES, J. A. S. Qualidade de silagens de sorgo com aditivos. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.56, n.6, p.764-772, 2004.

VILELA H. H.; REZENDE, A. V.; VIEIRA, P. F.; ANDRADE, G. A.; EVANGELISTA, A. R.; ALMEIDA, G. B. 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.

WALTER, M.; SILVA, L. P.; PERDOMO, D. M. X.; Amido disponível e resistente em alimentos adaptação do método da AOAC 996.11. **Alimento e nutrição**, v.16, n.1, p.39-43, 2005.

WEATHERBURN, M. W. Phenol-hypochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**, v.39, p.971-974, 1967.

WILKINSON, J. M. Managing silage making to reduce losses. **Livestock Science**, v.20, n.5, p. 280-286, 2015.

WINDMOLLER, M. A.; PEREIRA, E. A.; MARTINS, M. J., SANDRINI, G. P.; ZIEGLER, S. J.; WOECICHOSHI, A. S. Qualidade da silagem de aveia branca (*Avena Sativa*) em duas épocas de corte com ou sem inoculante. Relatório técnico científico. In: XVII Jornada de extensão UNIJUÍ. 2016.

WOECICHOSHI, A. S.; PEREIRA, E. A.; BENDER, A. N.; COPPETTI, T. S.; SILVA, M. H.; MORI, L. D.; CONCEIÇÃO, G. M.; SCHNEIDER, R.; PORAZZI, C. C.; GARCIA, D. C. Propriedades de silagem de aveia branca (*Avena sativa*). In: XXXVIII Reunião da comissão brasileira de pesquisa de aveia. Ijuí 2018.

WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, Oxford, v. 68, n. 2, p. 101-116, Mar. 1990.

WOOLFORD, M.K. **The silage fermentation**. New York: Microbiology series. 1984, 350p.

ZAMARCHI, G.; PAVINATO, P. S.; MENEZES, L. F. G.; MARTIN, T. N. Silagem de aveia branca em função da adubação nitrogenada e pré-murchamento. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 35, p. 2185-2196, 2014.

ZEOULA, L. M.; BELEZE, J. R. F.; CECATO, U.; JOBIM, C. C.; GERON, L. J. V.; MAEDA, E. M.; FALCÃO, A. J. S. Avaliação de Cinco Híbridos de Milho (*Zea mays*, L.) em Diferentes Estádios de Maturação; Composição Químico-Bromatológica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.3, p.556-566, 2003.

ZOPOLLATTO, M.; DANIEL, J. L. P.; NUSSIO, L. G. Aditivos microbiológicos em silagem no Brasil: revisão dos aspectos da ensilagem e do desempenho de

animais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.170-189, 2009.

ANEXOS

ANEXO A – Equações de regressão da avaliação de perfil fermentativo e composição nutricional e cinética *in vitro* da silagem de milho e de aveia branca inoculadas com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.

Tabela 01- Equações de regressão da avaliação de perfil fermentativo da silagem de milho inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.

Variável	Efeito	Data	Equação	R ²	Valor de P
Propionato	Data*Dose	12/02/2019	$y = 73,2084 + 0,0517 x - 0,0000186 x^2$	0,33	0,0314
Amido	Data*Dose	05/02/2019	$y = 24,483 + 0,00546 x - 0,00000274 x^2$	0,46	0,0253
	Data*Dose	12/02/2019	$y = 28,614 - 0,00282 x$	0,74	< 0,0001
Lignina	Data*Dose	12/02/2019	$y = 36,108 - 0,019x + 0,0000115x^2$	0,58	0,0037

Tabela 02- Equações de regressão da avaliação de perfil fermentativo e composição nutricional da silagem de aveia branca inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.

Variável	Efeito	Equação	R ²	Valor de P
MS	Dose	$y = 246,68 + 0,0238x - 0,0000214x^2$	0,25	0,0354
Acetato	Dose	$y = 35,7677 - 0,01391 x + 0,00000626 x^2$	0,21	0,0151

Tabela 03- Equações de regressão da avaliação de cinética *in vitro* da silagem de aveia branca inoculada com diferentes doses de aditivo microbiano e enzimático e baixos teores de matéria seca.

Variável	Efeito	Equação	R ²	Valor de P
Taxa de produção de gás	Dose	$y = 0,03936 + 0,00000355x - 0,000000002292x^2$	0,10	0,0292
Tempo de meia vida	Dose	$y = 17,783 - 0,0018x + 0,00000119x^2$	0,11	0,0172

ANEXO B - Aprovação do Comitê de Ética no Uso de Animais.

CERTIFICADO

Certificamos que o projeto intitulado "Viabilidade nutricional e econômica da silagem de aveia branca em dietas de vacas em lactação", protocolo nº 2019-08, sob a responsabilidade de Prof. Fernando Reimann Skonieski - que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA-UTFPR) da UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ, em reunião de 13/08/2019.

CERTIFICATION

The Ethics Commission on Animal Use (CEUA) of Federal University of Technology – Paraná (UTFPR), CERTIFIES that the request herein identified by the protocol number 2019-08, coordinated and under the responsibility of Prof. Fernando Reimann Skonieski, which involves the production, maintenance and / or use of animals belonging to the phylum Chordata, sub-phylum Vertebrata (except human species), for the purposes of scientific research (or teaching), is in accordance with provisions of the Brazilian Law no. 11794 (October 8th, 2008), the Decree nº 6.899 (July 15th, 2009) and with further regulations published by the Brazilian National Council for the Control of Animal Experimentation (CONCEA).

Dois Vizinhos, 13 de agosto de 2019.

Katia Atoji-Henrique

Presidente da Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Documento assinado eletronicamente por KATIA ATOJI HENRIQUE, PRESIDENTE DA COMISSÃO, em 13/08/2019, às 20:08, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539 de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.utfpr.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 0989902 e o código CRC F0813F68.