

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

GUSTAVO ZAMARCHI

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE SILAGEM DE AVEIA
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E ESTÁDIOS
FENOLÓGICOS DE ENSILAGEM

DISSERTAÇÃO

DOIS VIZINHOS
2013

GUSTAVO ZAMARCHI

COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DE SILAGEM DE AVEIA
SUBMETIDA À ADUBAÇÃO NITROGENADA E ESTÁDIOS
FENOLÓGICOS DE ENSILAGEM

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Zootecnia, do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Sergio Pavinato

Co-orientador: Prof. Dr. Wagner Paris

DOIS VIZINHOS

2013

Z223c Zamarchi, Gustavo.

Composição bromatológica de silagem de aveia submetida à adubação nitrogenada e estádios fenológicos de ensilagem / Gustavo Zamarchi. – Dois Vizinhos: [s.n], 2013. 63 f.;il.

Orientador: Paulo Sergio Pavinato.

Co-orientador: Wagner Paris.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de pós-graduação em Zootecnia. Dois Vizinhos, 2013.

Inclui bibliografia



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Dois Vizinhos
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 006

**Composição bromatológica de silagem de aveia submetida à adubação
nitrogenada e estádios fenológicos de ensilagem**

por

Gustavo Zamarchi

Dissertação apresentada às oito horas e trinta minutos do dia vinte e dois de fevereiro de dois mil e treze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM ZOOTECNIA, Linha de Pesquisa – Produção e Nutrição Animal, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia (Área de Concentração: Produção animal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Dois Vizinhos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

Banca examinadora:

Dr. Paulo Sérgio Pavinato
ESALQ/USP

Dr. Thomas Newton Martin
UFSM

Dr. Sebastião Brasil Campos Lustosa
UNICENTRO

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Luis Fernando G. de Menezes
Coordenador do PPGZO

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

À minha família, em especial aos meus pais, José e Maria Zamarchi, pelo apoio constante durante mais esta etapa de minha vida.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela proteção e bênção em minha trajetória, conseguindo alcançar mais um objetivo.

À minha família, principalmente aos meus pais José e Maria pelo incentivo, apoio e ajuda, durante esse período.

Ao orientador Dr. Paulo Sergio Pavinato, pelo empenho na realização deste trabalho, que embora distante por um período, sempre esteve à disposição para ajudar no que foi preciso.

Ao co-orientador Dr. Wagner Paris e em seu nome estendo o agradecimento aos demais professores, que contribuíram na realização deste trabalho.

Aos mestrandos Acir Felipe Grolli Carvalho, Rasiel Restelatto, Renato Marchesan e em seus nomes estendo o agradecimento aos demais mestrandos e graduandos que ajudaram na condução do experimento e nas análises laboratoriais.

Ao amigo MSc. Francisco Migliorini pela experiência e ajuda nas análises estatística.

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da UTFPR, campus Dois Vizinhos e a Fundação Araucária pelo apoio financeiro.

RESUMO

ZAMARCHI, Gustavo. Composição bromatológica de silagem de aveia submetida à adubação nitrogenada e estádios fenológicos de ensilagem. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

A silagem é a principal forma de conservação de volumoso para ruminantes. O momento do corte para ensilagem deve buscar o equilíbrio entre produtividade e valor nutritivo da forragem, entretanto, o processo ocorre adequadamente quando a planta apresenta características adequadas, principalmente quanto ao teor de umidade, e não apresenta resistência à estabilização da fermentação. O objetivo geral foi avaliar o efeito de fatores: tamanho de partícula, adubação nitrogenada, estádios fenológicos e pré-murchamento antecedendo a ensilagem de aveia branca e preta, a fim de melhorar as características fermentativas e o valor nutritivo dessa silagem. Deste modo, foram conduzidos dois experimentos, sendo um na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos-PR, utilizando aveia branca (*Avena sativa* L.) cultivar URS Guapa, desenvolvido em delineamento blocos completamente casualizados em que os tratamentos foram distribuídos em um fatorial (6x3), avaliando seis doses de nitrogênio: 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹ em três estádios de corte para ensilagem: início do florescimento, sem e com pré-murchamento e florescimento pleno sem pré-murchamento. Outro foi conduzido em área particular no município de Renascença-PR, utilizando aveia preta (*Avena strigosa* S.) cultivar comum, em delineamento inteiramente casualizado, arranjos em fatorial (3x2x2) em que foram avaliados três tamanhos de partícula: 5, 13, e 22 mm; dois estádios de ensilagem: início do florescimento e florescimento pleno; e duas operações: sem e com pré-murchamento. Ambos conduzidos no período hibernar de 2011, sendo avaliados as características de fermentação e a composição bromatológica da silagem. A operação de pré-murchamento elevou o teor de matéria seca (MS) em ambos os trabalhos, para aveia branca proporcionou melhor preservação da proteína bruta (PB), enquanto para a aveia preta, proporcionou à silagem melhores condições de fermentação, com redução da capacidade tampão e pH, os quais garantiram melhor preservação do valor nutritivo da forragem, possuindo menores teores de fibra em detergente neutro (FDN) e ácido (FDA). Apresentou ainda maiores teores de PB, digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) e nutrientes digestíveis totais (NDT). O tamanho de partícula exerceu influência apenas para o pH. Com o avanço da maturidade, do início à plenitude do florescimento, houve redução nos teores de matéria mineral (MM), extrato etéreo, PB e DIVMS, no segundo experimento também ocorreu redução no NDT e elevação dos teores de FDN e FDA. A adubação nitrogenada promoveu redução linear no pH e MM, e também houve redução na FDN e FDA e elevação na PB, todas de forma linear.

Palavras-chave: Características de fermentação. Pré-murchamento. Tamanho de partícula. Valor nutritivo da silagem.

ABSTRACT

ZAMARCHI, Gustavo. Chemical composition of oat silage subjected to nitrogen fertilization and ensiling growth stages. 2013. 63 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2013.

The silage is the most useful way of conserving forage for ruminants. The timing of the cut for silage should seek for a balance between productivity and nutritional value of forage, however, the process may occur adequately when the plant presents appropriate characteristics, particularly regarding moisture content, and presents no resistance of fermentation stabilization. The overall objective was to evaluate the effect of factors: particle size, nitrogen fertilization, growth stages and pre-wilting preceding the silage of white and black oat, to improve fermentation characteristics and nutritional value of this silage. Thus, two experiments were conducted, one at Federal Technological University of Paraná, Dois Vizinhos-PR, using white oat (*Avena sativa* L.) cultivar URS Guapa, developed in a randomized block design, with treatments distribution as a factorial (6x3), evaluating six doses of nitrogen: 0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹ and three cutting stages for silage: early flowering, with and without pre-wilting and full flowering without pre-wilting. Another experiment was conducted in a private farm, at the municipality of Renascença-PR, using black oat (*Avena strigosa* S.) cultivar common, in a full randomized design, arranged in a factorial (3x2x2), evaluating three particle sizes: 5, 13, and 22 mm; two silage stages: early flowering and full flowering; and two operations: with and without pre-wilting. Both were conducted during the winter of 2011, being assessed the fermentation process and chemical composition of silage. The operation of pre-wilting increased the dry matter content (DM) in both studies, for white oat provided better preservation of crude protein (CP), while for black oat, provided the better silage fermentation conditions, reducing buffering capacity (BC) and pH, which ensured better preservation of the nutritional value of the forage, having lower levels of neutral (NDF) and acid (ADF) detergent fiber. Showed even higher levels of CP, in vitro digestibility of dry matter (IVDMD) and total digestible nutrients (TDN). The particle size influenced only the silage pH. With the advancing maturity, from the start to full flowering, there was a reduction in the levels of mineral matter (MM), ether extract, CP and IVDMD, in the second work it was also observed reduction in TDN and elevation in the levels of NDF and ADF. Nitrogen fertilization caused a linear reduction in pH and MM, and there was also a reduction in NDF and ADF and elevation in CP, both linearly.

Keywords: Fermentation process. Pre-wilting. Particle size. Nutritive value of silage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Variação do pH da silagem em função da umidade.....	19
Figura 2 – Precipitação e médias de temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2011.....	35
Figura 3 – Balanço hídrico decendial, deficiência e excesso para a cultura da aveia durante a condução do experimento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2011.	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição bromatológica de silagem de aveia (<i>Avena spp.</i>) e milho (<i>Zea mays L.</i>)	16
Tabela 2 – Caracterização química do solo na instalação do experimento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2011	34
Tabela 3 – Análise da composição bromatológica e características de fermentação da silagem de aveia branca (<i>Avena sativa L.</i>) submetida a doses de nitrogênio, estágio de corte e pré-murchamento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2011	38
Tabela 4 – Médias e equações de regressão para a composição bromatológica e características de fermentação da silagem de aveia branca (<i>Avena sativa L.</i>) submetida a doses de nitrogênio, estágio de corte e pré-murchamento. UTFPR, Dois Vizinhos, 2011	39
Tabela 5 – Caracterização química do solo anteriormente ao experimento. Renascença – PR.....	51
Tabela 6 – Quadro da análise de variância da composição bromatológica e características de fermentação de silagem de aveia preta (<i>Avena strigosa S.</i>) cultivar comum, submetida a diferentes tamanhos de partícula, estágio de ensilagem e pré-murchamento. Renascença – PR, 2011	54
Tabela 7 – Efeito de interação Estádio*Operação para teor de MS e pH de silagem de aveia preta (<i>Avena strigosa S.</i>) cultivar comum, submetida a diferentes tamanhos de partícula, estágio de ensilagem e pré-murchamento. Renascença – PR, 2011.....	55
Tabela 8 – Composição bromatológica e características de fermentação referente aos fatores estágio e operação sem efeito de interação para silagem de aveia preta (<i>Avena strigosa S.</i>) cultivar comum. Renascença – PR, 2011	55
Tabela 9 – Médias e equações de regressão para composição bromatológica e características de fermentação referente ao fator tamanho de partícula e respectivas interações para silagem de aveia preta (<i>Avena strigosa S.</i>) cultivar comum. Renascença – PR, 2011.....	57
Tabela 10 – Produção de efluentes na ensilagem de aveia preta (<i>Avena strigosa S.</i>) cultivar comum, no estágio de início do florescimento sem pré-murchamento. Renascença – PR, 2011	59

LISTA DE SIGLAS

CFDN	Consumo de FDN
CNDT	Consumo de NDT
CPM	Com Pré-Murchamento
CT	Capacidade Tampão
DIVMS	Digestibilidade <i>in vitro</i> da Matéria Seca
E	Estádio de corte
EE	Extrato Etéreo
FDA	Fibra em Detergente Ácido
FP	Florescimento Pleno
FPSPM	Florescimento Pleno Sem Pré-Murchamento
IF	Início do Florescimento
IFCPM	Início do Florescimento com Pré-Murchamento
IFSPM	Início do Florescimento Sem Pré-Murchamento
MM	Matéria Mineral
MO	Matéria Orgânica
MOD	Matéria Orgânica Digestível
MS	Matéria Seca
MV	Matéria Verde
PB	Proteína Bruta
pH	Potencial Hidrogeniônico
PV	Peso Vivo
N	Nitrogênio
NDT	Nutrientes Digestíveis Totais
NIDA	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Ácido
NIDN	Nitrogênio Insolúvel em Detergente Neutro
NNP	Nitrogênio Não-Protéico
N-NH ₃ /NT	N amoniacal em porcentagem do Nitrogênio Total
PIDA	Proteína Insolúvel em Detergente Ácido
PIDN	Proteína Insolúvel em Detergente Neutro
SPM	Sem Pré-Murchamento
TP	Tamanho de Partícula

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 ENSILAGEM	14
2.2 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E CONSUMO	15
2.3 ESTÁDIO DE ENSILAGEM.....	17
2.4 PRÉ-MURCHAMENTO	18
2.5 TAMANHO DE PARTÍCULA	22
2.6 PRODUÇÃO DE EFLUENTES.....	23
2.7 ADUBAÇÃO NITROGENADA	25
2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
3 ENSILAGEM DE AVEIA BRANCA EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SUBMETIDO AO EFEITO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E PRÉ- MURCHAMENTO	31
3.1 RESUMO.....	31
3.2 ABSTRACT	31
3.3 INTRODUÇÃO	32
3.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
3.6 CONCLUSÃO.....	45
3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
4 ENSILAGEM DE AVEIA PRETA EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SUBMETIDO AO EFEITO TAMANHOS DE PARTÍCULA E PRÉ-MURCHAMENTO	49
4.1 RESUMO.....	49
4.2 ABSTRACT	49
4.3 INTRODUÇÃO	50
4.4 MATERIAL E MÉTODOS.....	51
4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
4.6 CONCLUSÃO.....	60
4.7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	63

1 INTRODUÇÃO

A ensilagem de gramíneas forrageiras, sejam elas tropicais ou temperadas, tem se popularizado no meio produtivo brasileiro. Surgiu do interesse em armazenar o excedente de forragem, a qual possa substituir, ao menos parcialmente, a participação de silagens tradicionais como milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.), na busca pela produção mais econômica da pecuária de corte e leite.

Durante o inverno é muito comum ocorrer escassez de alimento para o rebanho bovino, pois, embora as forrageiras temperadas apresentem melhor valor nutritivo, possuem menor produtividade por área quando comparada às tropicais. A região Sul do Brasil, especialmente o Paraná, se diferencia de outras regiões do país, pois apresenta condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento de gramíneas temperadas e possui grandes áreas de agricultura em pousio neste período, ou apenas com plantas para cobertura do solo. Segundo dados da SEAB (2012), dos 5,7 milhões de hectares (ha) cultivados na safra principal 2011/12 de verão no Paraná, apenas 1,1 milhão foram cultivados com espécies de inverno. Desta forma, em 4,6 milhões de ha poderiam ser implantadas forrageiras de inverno, como a aveia, no sistema de integração lavoura-pecuária, nas regiões com boa adaptação desta espécie.

Nesse contexto, o processo de ensilagem de aveia apresenta-se como uma alternativa para armazenamento do excedente de produção forrageira no período hibernal, não apenas para utilização em períodos de escassez, mas também como alternativa de uso rotineiro na dieta do rebanho durante o período estival. Desta forma, se agregaria renda nas áreas de exploração agrícola durante o inverno, viabilizando principalmente pequenas propriedades, uma vez que armazenando alimento durante o inverno, restariam mais áreas para produção de alimentos durante o verão.

Para propriedades com maior disponibilidade de recursos para o sistema de confinamento ou semi-confinamento, a silagem pode substituir o pastejo, economizando a energia despendida durante o ato bem como do deslocamento, o qual é limitado há um raio de distância do centro de ordenha para os bovinos leiteiros. Pode substituir ainda o corte diário da forragem, o qual possa ser mais viável economicamente e permite realizar a colheita em condição de solo mais adequada. Fornecendo o volumoso na forma de silagem, minimiza-se as variações

do valor nutritivo do alimento decorrentes do desenvolvimento fisiológico da aveia e do processo de seleção dos animais.

Para se obter elevada produtividade de forragem é necessário manter o solo em níveis adequados de fertilidade, para que haja um melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas. Dentre os nutrientes, destaca-se o nitrogênio (N), que é o principal elemento potencializador do crescimento das gramíneas e que, no entanto, apresenta um ciclo muito curto no solo, sendo perdido por diversas formas: lixiviação, erosão, volatilização e desnitrificação (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). A baixa produtividade das gramíneas temperadas em sistema de integração lavoura-pecuária normalmente se deve à utilização na maior parte por cultivares comuns, menos produtivas, e geralmente não fertilizadas adequadamente, tanto para o sistema de pastejo, como silagem e/ou grãos. O mais comum, é uma pequena adubação nitrogenada em cobertura.

A silagem de aveia é pouco utilizada pelos produtores, muito abaixo do potencial da região Sul, devido a muitas dúvidas que se têm sobre o processo de ensilagem, sendo que poucos dominam a técnica. É comum relato de produtores que elaboraram por um ou dois anos e nos anos seguintes desistiram, pois não obtiveram sucesso, produziram um volumoso de baixo valor nutritivo e/ou não palatável aos animais. A pesquisa e a extensão rural tem um importante papel para desenvolver e levar aos produtores a metodologia adequada para ensilagem de aveia, de modo que se produza um volumoso de elevada qualidade e valor nutritivo, com viabilidade econômica. Em função disso, o objetivo geral do presente estudo foi avaliar a composição bromatológica da aveia branca e preta submetida aos fatores: estágio de corte, tamanho de partícula, pré-murchamento e adubação nitrogenada.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ENSILAGEM

A ensilagem é o processo de conservação da forragem com intuito de preservar seu valor nutritivo. É resultante da fermentação anaeróbica, em que, basicamente carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos pela ação de microrganismos, que encontrando ambiente ideal, se proliferam e criam condições adequadas a conservação do produto (PEREIRA; REIS, 2001).

Para que o processo de ensilagem das forrageiras ocorra de maneira satisfatória, e as perdas sejam mínimas, é necessário que o material apresente características adequadas. Devem conter um adequado nível de substratos fermentáveis na forma de carboidratos solúveis, relativamente baixa capacidade tampão, e apresentar teor de MS acima de 20% (McDONALD, 1981). Sob substratos adequados, as bactérias produtoras de ácido láctico começam a atuar fazendo reduzir o pH, controlando fermentações indesejáveis. Quanto mais rápido esse processo acontecer, maior será a qualidade da silagem (ANDRIGUETTO et al., 2002). Durante o processo fermentativo também ocorre a redução nos teores de carboidratos solúveis e de proteína verdadeira, ao mesmo tempo em que são elevados os teores de ácidos orgânicos e nitrogênio não protéico, com conseqüente redução no valor nutritivo, decréscimo no consumo e na utilização dos nutrientes provenientes das silagens (SILVA, 2006).

Além das propriedades da planta a ser ensilada, outros fatores da confecção da silagem são importantes, como o tamanho de partícula, compactação e expulsão do ar, tempo gasto para enchimento do silo e o correto vedamento do silo ao longo de todo o período de conservação (LOURES et al., 2003). O vedamento do silo é um dos principais responsáveis pela conservação do material, uma vez que deve proteger o mesmo das intempéries climáticas e de animais, insetos e roedores, impedindo a entrada de oxigênio.

Também, para se obter um produto final de boa qualidade, deve-se considerar características intrínsecas da forragem, como a relação açúcares-proteína, que influenciam no processo de fermentação. Elevados conteúdos de açúcares favorece a produção de ácidos, enquanto a adubação nitrogenada das forrageiras tende a diminuir o conteúdo de açúcar, podendo desenvolver elevado pH

por meio da produção de amônia e dificultar mais a conservação (VAN SOEST, 1994).

A ensilagem de aveia principalmente quando realizada em estádios iniciais de desenvolvimento vegetativo, à exemplo de outras gramíneas tropicais, apresenta algumas propriedades que afetam negativamente a qualidade final do ensilado, são elas a elevada umidade e capacidade tampão, aliadas aos baixos teores de carboidratos solúveis (RODRIGUES et al., 2007).

2.2 COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA E CONSUMO

O consumo pelos animais é o componente de maior importância na determinação da qualidade de uma forragem, que é definida como o resultado do produto do valor nutritivo e consumo voluntário potencial (SILVA, 2006). O ajuste adequado a fim de suprir todas as exigências para manutenção das funções vitais, crescimento, reprodução e produção, depende do conhecimento do valor nutritivo dos alimentos.

A composição bromatológica de silagem de aveia é variável na literatura (Tabela 1), pois diferentemente de outras espécies, a aveia não possui um estágio de corte bem definido. Na comparação com a silagem de milho (*Zea mays* L.), apresenta teores mais elevados de proteína bruta (PB), mas também apresenta valores superiores para as frações fibrosas, fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), em concomitância com os teores superiores de lignina e matéria mineral (MM) e ainda extrato etéreo (EE) inferior, o que conferem a esta silagem menor valor energético, com valores inferiores de nutrientes digestíveis totais (NDT) e digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS).

O teor de FDN está associado ao mecanismo físico de limitação de consumo em ruminantes, alcançando o máximo em 1,1% peso vivo (PV) dia⁻¹ de FDN (MERTENS, 1987). Silagens de baixa qualidade normalmente não alcançam este limitante e, segundo Van Soest (1994), três hipóteses são propostas para explicar o baixo consumo: (1) presença de substâncias tóxicas, como aminas produzidas durante o processo de fermentação; (2) elevado conteúdo de ácidos nas silagens extensivamente fermentadas, causando redução na aceitabilidade; e (3) diminuição na concentração de carboidratos solúveis e, conseqüentemente, na disponibilidade de energia para o crescimento de microrganismos do rúmen.

Tabela 1 – Composição bromatológica de silagem de aveia (*Avena spp.*) e milho (*Zea mays* L.)

Componentes	Silagem de Aveia ¹			Silagem de Milho ²		
	MS (%)	n ³	s ⁴	MS (%)	n	s
PB ⁵	10,33	18	4,32	7,26	339	1,23
FDN ⁶	64,12	16	7,00	55,41	247	7,04
FDA ⁷	39,17	8	7,43	30,63	173	4,64
NDT ⁸	55,57	10	2,53	64,27	47	2,87
EE ⁹	2,21	8	0,34	3,16	163	2,8
Lignina	5,73	8	1,43	4,97	113	1,82
MM ¹⁰	8,46	10	1,92	4,79	142	1,42
DIVMS ¹¹	57,87	2	4,07	62,26	7	4,64

¹dados compilados de Coan et al. (2001); David et al. (2010); Berto e Mühlbach (1997); Lopez e Mühlbach (1994); Becker, Prates e Mühlbach et al. (1995) referente a aveia preta e branca em diferentes estádios fenológicos submetidos ou não ao pré-murchamento. ²Valadares Filho et al. (2006), ³número de análises, ⁴desvio padrão, ⁵Proteína bruta, ⁶Fibra em detergente neutro, ⁷Fibra em detergente ácido, ⁸Nutriente digestíveis totais, ⁹Extrato etéreo, ¹⁰Matéria mineral, ¹¹Digestibilidade *in vitro* da matéria seca

Considerando a dieta exclusiva com silagem de milho ou aveia (Tabela 1), e que o consumo de MS seja regulado apenas pelo fator de enchimento físico, sendo o máximo com 1,1% PV dia⁻¹ (MERTENS, 1987) é possível estimar o consumo de NDT de acordo com a equação: $CNDT = (CFDN * NDT / FDN)$ em que CNDT = consumo de NDT (% PV); CFDN = consumo de FDN (1,1% PV); NDT = nutrientes digestíveis totais (% MS) e FDN = fibra em detergente neutro (% MS). Para a silagem de milho teríamos $CNDT = (1,1 * 64,27 / 55,41) = 1,28\% \text{ PV dia}^{-1}$ de NDT e para a silagem de aveia $CNDT = (1,1 * 55,57 / 64,12) = 0,95\% \text{ PV dia}^{-1}$ de NDT, deste modo, a substituição da silagem de milho para a de aveia representa redução de 25,78% no consumo diário de NDT. Considerando que o consumo de MS é regulado também por outros fatores, sejam eles: químicos, metabólicos e/ou neuro-hormonais (SILVA, 2006), e que a dieta normalmente é composta por concentrado e outras fontes de volumosos, a fração correspondente a silagem de aveia pode representar redução considerável na ingestão de energia.

A silagem de aveia, portanto, não é recomendada para rebanhos com elevada demanda energética, como bovinos leiteiros de expressivo potencial genético, uma vez que estaria limitando seu desempenho e/ou seria necessário elevar a densidade energética a partir de outras fontes como concentrado e ácidos graxos, que elevam significativamente o custo da dieta (BORBA et al., 2006). Assim,

seria recomendada a utilização dessa silagem para rebanhos ou categorias com menor exigência energética.

2.3 ESTÁDIO DE ENSILAGEM

Com o avanço da maturidade no ciclo da aveia o valor nutritivo da forragem diminui, no entanto, a produção total de MS aumenta. Isto se deve a alterações que resultam na elevação dos teores de compostos estruturais, tais como a celulose, hemicelulose e a lignina e, paralelamente, diminuição do conteúdo celular (VAN SOEST, 1994). O estágio de corte para ensilagem de aveia depende do equilíbrio entre produtividade e valor nutritivo da forragem, o que nem sempre é fácil de estimar e é um ponto fundamental para o sucesso do processo.

Em trabalho avaliando diferentes épocas de corte desde 14 até 126 dias (maturação) após a emergência, em aveia branca cultivar UPF 7, Floss et al. (2007) observaram com o avanço do desenvolvimento da cultura o aumento da altura de plantas, rendimento de MS e taxa de crescimento diário da cultura. Quanto ao fracionamento das estruturas, quantitativamente diminuiu a participação de lâmina foliar, enquanto aumentou a fração colmo mais bainha e panícula, reduzindo a relação lâmina foliar/planta inteira. Com relação à composição química houve diminuição da PB e DIVMS de 24,9 para 4,9% e de 82,2 para 36,8%, respectivamente.

Quando avaliados os estádios de corte no momento da ensilagem de aveia branca, desde o início do florescimento até grãos com massa dura, Floss et al. (2003) observaram um aumento linear no rendimento de MS, e nos teores de FDA e FDN, com o avanço da maturação, e, uma redução linear da DIVMS, e nos teores de PB, K e Ca no tecido. Por meio da equação quadrática, estimaram os valores máximos de açúcares solúveis totais de 12,5% no florescimento pleno e assim concluíram que o estágio mais adequado de corte, considerando o rendimento obtido e a qualidade do produto ensilado, é na fase de floração plena com uso de pré-murchamento. David et al. (2010), avaliando a silagem de aveia nos estádios de floração e grão pastoso, concluem que o estágio de grão pastoso apresentou maior rendimento, melhor qualidade de fermentação e maior valor nutritivo.

Avaliando silagem de triticale (*Secale cereale* L.) em seis estádios fenológicos (73, 80, 87, 94, 101 e 108 dias após emergência), Oliveira et al. (2010)

observaram que para a composição química houve aumento da MS com o avanço da maturidade, enquanto para PB, FDN e FDA não houve diferenças significativas. Quanto às características de fermentação da silagem, o pH, teve comportamento quadrático negativo enquanto a fração amônia do N total, ácido propiônico e butírico não apresentaram diferenças significativas. O ácido acético teve decréscimo linear com o avanço da maturidade, já o ácido láctico foi maior na silagem produzida aos 94 dias. Recomendam, portanto, o corte para a ensilagem entre 83 a 101 dias.

A literatura mencionada acima apresenta dados distintos, mas em geral, os experimentos indicam o melhor ponto de corte no estágio de grão de massa mole tendendo a farináceo, ou então pode ser antecipado para a fase de florescimento, desde que seja feito o pré-murchamento antes de ensilar (FONTANELLI et al. 2009). No entanto, o estágio de corte pode ser influenciado pelo cultivar, principalmente quanto à produção de grãos, uma vez que este pode influenciar significativamente na quantidade de carboidratos solúveis atuantes na fermentação.

2.4 PRÉ-MURCHAMENTO

A ensilagem de forrageiras em estádios iniciais de desenvolvimento vegetativo é desejável, pois apresenta melhor valor nutritivo e menores teores de fibra, representando maior consumo de MS, que juntos permitem exploração mais econômica da atividade pecuária, em que os animais possam extrair deste volumoso maior quantidades de energia líquida. No entanto, apresenta o inconveniente da elevada umidade (RODRIGUES et al. 2007).

As bactérias do gênero *Clostridium* são sensíveis ao teor de umidade e pH, a elevação do teor de MS para cerca de 30% de MS, normalmente restringem seu desenvolvimento. O valor de pH crítico para inibir seu crescimento varia diretamente com o teor de umidade da planta ensilada, a menos que níveis de carboidratos solúveis sejam excepcionalmente elevados, a ensilagem de cultivos úmidos estimula a fermentação clostrídica resultando em significativas perdas oriundas da fermentação de açúcares, ácidos orgânicos e proteínas. Silagens muito úmidas podem ainda ser nutricionalmente indesejáveis pela redução no consumo de MS, e também resultar em elevados volumes de efluente, perdendo nutrientes altamente digestíveis (McDONALD, 1981). A umidade limita o consumo de MS em 0,02% do peso corporal a cada 1% de aumento no teor de umidade da dieta acima de 50%

(NRC, 2001). O teor de MS pode ser elevado para que o processo fermentativo ocorra de maneira satisfatória através do efeito de pré-murchamento, ou adição de aditivos adsorventes.

Segundo Van Soest (1994) critérios simples para mensurar a qualidade da silagem são o pH e o teor de MS (Figura 1). Silagens com elevada umidade são instáveis com relação ao pH, e uma ampla mudança de pH é encontrada, a boa qualidade neste caso está associada a redução no pH, se o mesmo estiver elevado, indica a ocorrência de proteólise e desenvolvimento de aminas e ácido butírico, caracterizando preservação muito baixa da forragem. Em silagens com MS elevada o pH seria um critério menos eficiente de qualidade, pois a acidificação é inibida pela falta de umidade e elevada pressão osmótica, causando uma relação inversa entre teor de umidade e pH, ou seja, pH elevado nesta situação não indica necessariamente silagens de pior qualidade (VAN SOEST, 1994).

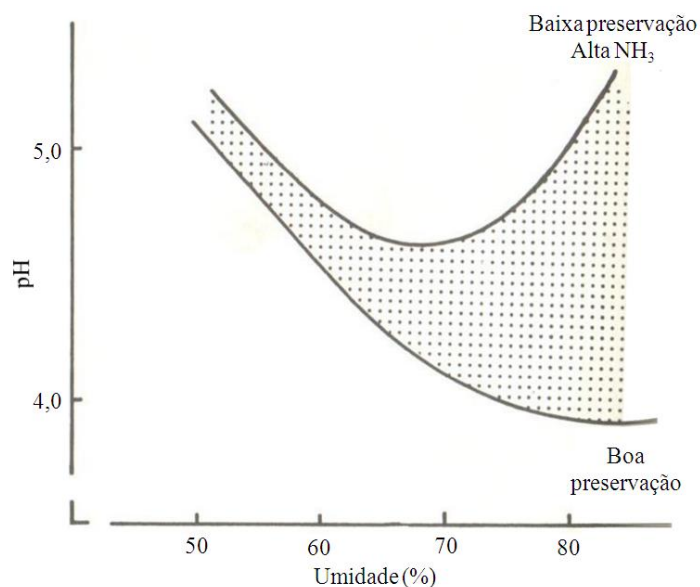


Figura 1 – Variação do pH da silagem em função da umidade.
Fonte: Van Soest (1994).

No entanto, silagens com elevado teor de MS estão mais suscetíveis ao desenvolvimento de fungos e aquecimento excessivo, devido à dificuldade na compactação e remoção de oxigênio. Em temperatura acima de 50°C torna-se expressiva a formação de produtos da reação de Maillard, embora possa ocorrer em 30°C se for submetido a longos períodos de tempo. Esta reação promove diminuição acentuada na digestibilidade da proteína, uma vez que promove aumentos

consideráveis nos teores de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), o qual não é disponível para os microrganismos do rúmen (VAN SOEST, 1994).

O pré-murchamento favorece as bactérias do gênero *Lactobacillus*, produtoras do ácido láctico, em detrimento as do gênero *Clostridium*, e ainda, diminui a disponibilidade de íons inorgânicos para formação do sistema tampão com os ácidos orgânicos, produzidos durante o processo (ANDRIGUETTO et al., 2002). A capacidade tampão, por sua vez, é determinada pelas bases inorgânicas (potássio e cálcio), proteína, e a capacidade de produção de amônia. Os ácidos fracos, produtos da fermentação, proporcionam efeito tampão, bem como, a proteólise, processo de desaminação e descaboxilação de aminoácidos, que produz amônia e aminas, que neutralizam ácidos. Estes ácidos orgânicos estão presentes em máxima concentração em forragens imaturas e diminuem com a maturidade da forragem (VAN SOEST, 1994). O efeito tampão é um fator importante a ser considerado na ensilagem, uma vez que o pH estando elevado não há condições de impedir o desenvolvimento de fermentações secundárias indesejáveis (ANDRIGUETTO et al., 2002).

Na forragem fresca, 75 a 90% do nitrogênio (N) total está na forma de proteína verdadeira e cerca de 10 a 25% na forma de nitrogênio não-protéico (NNP), que correspondem a aminoácidos livres, amida, glutamina, asparagina e peptídeos de comprimento de cadeia variada, amina, clorofila, nitrato, ureia, nucleotídeos (McDONALD, 1981). A proteólise extensiva durante a ensilagem determina que 40 a 60% do N na forma de proteína seja solubilizado em compostos de NNP (PEREIRA; REIS, 2001), contribuindo com cerca de 10 a 20% da capacidade tampão (McDONALD, 1981).

Na ocasião do corte da forragem, cessa o suprimento de água pelas raízes à parte aérea, e as perdas por evaporação levam ao pré-murchamento, secagem e morte das células. No decorrer da desidratação, ocorrem perdas do valor nutritivo pela: respiração celular, fermentação, lixiviação, decomposição de compostos nitrogenados e oxidação de vitaminas. Quanto mais rápido este processo ocorrer, minimizam-se as perdas (REIS; MOREIRA; PEDREIRA, 2001).

A redução no valor nutritivo da forragem é dada pelas perdas nos carboidratos solúveis, devido principalmente ao processo de respiração e fermentação, que responde pela maior alteração no conteúdo de MS. Podem ser observadas reduções nos teores de ácidos orgânicos, pequenas perdas sob os

compostos nitrogenados através da conversão da proteína em formas mais simples NNP solúvel, e ainda redução em vitaminas e minerais. A perda dos compostos solúveis pode elevar a proporção de compostos estruturais, os quais não são afetados pelo processo, como FDN, FDA e lignina (REIS; MOREIRA; PEDREIRA, 2001).

Berto e Mühlbach (1997) constataram que o emurchecimento da aveia preta em estágio vegetativo à campo durante 26 horas resultou, em relação à forragem verde no momento da ensilagem, em elevação dos teores de MS (15,3 para 31,2%), redução da capacidade tampão (51,9 para 44,3 meq NaOH 100g MS⁻¹) e da PB, e elevação na FDN e FDA. Com relação aos teores de carboidratos solúveis, houve elevação na base matéria verde (2,9 para 3,3% MV) e redução na base MS (17,9 para 11,6% MS), atribuídas às perdas por respiração durante o processo, entretanto, o pré-murchamento promoveu aumento no teor de carboidratos solúveis (1,9 para 2,9% MS) e no teor de PB, sendo que não foi verificada alterações nos teores de FDN e FDA, essas alterações são atribuídas a melhor preservação do material ensilado. Foi também observada maior produção de ácido láctico e melhor relação com o ácido acético, e ainda menor produção de amônia, determinando desta forma condições mais favoráveis de fermentação.

Avaliando silagens de aveia preta, aveia amarela (*Avena byzantina* K.) e triticale no estágio de grãos pastosos a farináceos, com e sem pré-murchamento, Coan et al. (2001) visualizaram acréscimo no teor de MS e hemicelulose e decréscimo de FDA e celulose para o primeiro tratamento, no entanto, não recomendam o uso do pré-murchamento, em função de que nos estádios avaliados o teor de MS estava em faixa adequada ao processo de ensilagem.

A velocidade de desidratação da forragem sofre efeito de variáveis ambientais, inerentes a planta e de manejo. As principais variáveis ambientais são: radiação solar, temperatura, umidade do ar e velocidade do vento (PEREIRA; REIS, 2001). Durante o período hibernal as condições climáticas não são propícias ao processo de desidratação, o clima é caracterizado por temperaturas pouco elevadas, poucas horas de sol e de baixa radiação. Deste modo, recomenda-se utilizar segadoras condicionadoras, que permitem uma secagem muito mais rápida e uniforme pela ação de amassamento ou raspagem da cerosidade da cutícula que recobre a epiderme das plantas, realizado no momento do corte (BOLLER, 2002), esta ação física eleva as perdas em apenas 1 a 2% do rendimento da cultura

quando comparado a segadora similar sem condicionador (ROTZ, 2001). O processo pode ainda ser acelerado e homogeneizado pela operação de revolvimento por meio de ancinhos, a qual permite a exposição de camadas inferiores das leiras (ROTZ, 2001).

As gramíneas normalmente apresentam maior taxa de desidratação que as leguminosas, as estruturas morfológicas das gramíneas temperadas não apresentam elevada resistência para perda de umidade, possuem colmo fino e as lâminas foliares são resistentes a movimentação da forragem (PHILIPP; JENNINGS, 2002), o maior limitante à desidratação parece ser o clima hibernal, necessitando por vezes mais de um dia para se alcançar a umidade desejada. Berto e Mühlbach (1997) ensilando aveia preta necessitaram de 26 horas de pré-murchamento no campo para elevar o teor de MS de 15,3 para 31,2%. Quando o material permanece por mais de um dia no campo aumentam os riscos de perdas por condições climáticas e ainda torna a operação mais trabalhosa e cara, demanda de enleiramento à noite e espalhamento no outro dia após a secagem do orvalho, a fim de minimizar o reumedecimento da forragem durante a noite (PEREIRA; REIS, 2001). Atingido umidade desejada, é feito o enleiramento para posterior colheita e fragmentação do material.

A operação de pré-murchamento permite a ensilagem de forrageiras em estágio de desenvolvimento mais tenro, uma vez que contribui no controle de fermentações indesejáveis, ocasionados pela atividade da água, no entanto apresenta consumo energético elevado e demanda investimentos em maquinários, embora a maioria deles seja de uso comum para a fenação, pode ser inviável para pequenas propriedades. Para estas propriedades, seria mais recomendado a silagem sem pré-murchamento, uma vez que necessitaria acoplar apenas uma plataforma nas colhedoras de forragens convencionais, exigindo menos investimento, ou seria mais viável a terceirização do serviço, segmento este que tem crescido muito em todo país, alcançando 41% das propriedades em 2012, de acordo com levantamento em 272 propriedades (BERNARDES, 2012).

2.5 TAMANHO DE PARTÍCULA

O tamanho de partícula da forragem é fator essencial na produção de silagem, pois tem efeito direto na produção, compactação, fermentação e

desempenho produtivo. O menor tamanho da partícula teoricamente facilita o processo de ensilagem, uma vez que permite maior densidade de transporte do material colhido até o local de armazenamento, facilita o processo de compactação e permite melhor fermentação anaeróbica. Como consequência preserva o valor nutritivo da massa ensilada e minimiza as perdas (NEUMANN et al., 2005).

No entanto, a redução no tamanho de partícula reduz a capacidade de produção do maquinário, elevando o gasto energético e conseqüentemente o custo de produção, embora este custo adicional pode ser compensado pelo menor custo de transporte até o local de armazenamento e pela maior facilidade de compactação, Neumann et al. (2007a) verificaram custo maior na confecção de silagem de milho com partículas menores.

Avaliando o efeito do tamanho de partículas (pequena: entre 0,2 e 0,6 cm e grande: entre 1,0 e 2,0 cm) em silagens de milho confeccionadas em dois tipos de silos e duas alturas de colheita, Neumann et al. (2007b) não observaram efeito sobre os valores médios de MS, PB, FDN, pH e N amoniacal em porcentagem do N total ($N-NH_3/NT$) da silagem, observaram apenas efeito para as eficiências de compactação da matéria verde ($541,1$ e $495,7$ $kg\ m^{-3}$) e da MS ($164,1$ e $139,3$ $kg\ m^{-3}$) para as silagens de partículas pequenas e grandes, respectivamente.

O tamanho de partícula inferior a 20-30 mm pode favorecer a disponibilidade de carboidratos solúveis (McDONALD, 1981). A redução no tamanho da partícula pode ainda promover redução na fermentação butírica e queda mais rápida do pH do material ensilado, além de menores perdas na desensilagem (SANTOS et al., 2010). Também, para silagens com baixo teor de MS, o aumento da densidade pode promover maiores perdas por efluentes (LOURES et al., 2003; IGARASI, 2002). Quando a pressão de compactação é baixa, seja pelo tamanho grande de partículas ou outros fatores, permanece maior quantidade de oxigênio na massa ensilada, que por sua vez prolongará a fase de respiração, onde há produção de gás carbônico, água e calor a partir de carboidratos, elevando excessivamente a temperatura (LACAZ RUIZ, 1992).

2.6 PRODUÇÃO DE EFLUENTES

O volume de efluentes é influenciado principalmente pelo teor de MS da massa ensilada, no entanto, outros fatores como tipo de silo, intensidade de

compactação e o processamento físico da forragem afetam a taxa e o volume final do efluente. Normalmente quanto maior o teor de MS menor é a lixiviação de efluentes, pois pouca formação de efluente foi observada com teor de 25% de MS, sendo que não houve em 29% de MS (McDONALD, 1981).

A emissão de efluentes em teores baixos de MS pode ser bem expressiva, Loures et al. (2005), ensilando capim-tanzânia (*Panicum maximum*, J. cv. Tanzânia) com 15,65% de MS, encontrou produção de 250 L t⁻¹ de massa ensilada, enquanto Bernardino et al. (2005), em silagem de capim-elefante com 12,6% MS, encontrou 123,5 L t⁻¹ de massa ensilada. Com o efluente são drenados componentes nitrogenados, minerais, ácidos orgânicos e carboidratos solúveis, as perdas sobre este último podem ser elevadas, em nível que possa limitar substratos para bactérias ácido lácticas, comprometendo a qualidade final do ensilado (McDONALD, 1981). Os componentes solúveis em água, perdidos no efluente, além de causar prejuízos à fermentação, acabam elevando a proporção de componentes insolúveis em água, basicamente constituintes da parede celular da plantas (VAN SOEST, 1994).

O efluente é um excelente meio para proliferação de microorganismos aeróbicos, apresentando demanda bioquímica de oxigênio muito elevada, em torno de 40.000 a 90.000 mg de O₂ L⁻¹, quando comparada ao esgoto doméstico, de cerca de 500 mg de O₂ L⁻¹ (McDONALD, 1981). A ensilagem de materiais que possam gerar efluentes deve ser confeccionada em estruturas que permitam coletar todo efluente para não poluir o ambiente. Segundo Loures et al. (2003), o efluente é considerado bastante corrosivo, fato que o torna difícil de ser armazenado, recomendam seu aproveitamento como fertilizante, na alimentação animal e, na impossibilidade desta reciclagem, deve-se efetuar o tratamento do efluente.

Uma forma de contornar a lixiviação de efluentes no material ensilado é fazer tratamentos para inibição do processo, como é o caso do pré-murchamento, ou então a inclusão de aditivos adsorventes, como polpa cítrica (TAVARES et al., 2009), casca de café (BERNARDINO et al., 2005) e farelo de trigo (ZANINE et al., 2006), os quais reduziram as perdas por efluente das silagens.

2.7 ADUBAÇÃO NITROGENADA

Dentre os nutrientes considerados essenciais ao desenvolvimento das plantas, o N é o que promove os maiores aumentos de produção de matéria seca. O mesmo é imprescindível para a síntese de ácidos nucleicos, proteínas, hormônios, clorofila e vários outros compostos essenciais ao desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2004).

Nos vegetais, há uma forte interdependência metabólica entre o carbono e o N. A energia e a estrutura molecular para incorporação do N são supridas pelo metabolismo dos carboidratos, cuja síntese, por sua vez, depende do processo fotossintético. Em situações de aporte reduzido de N, o carboidrato excedente é estocado na forma de amido e substâncias graxas, ou desviado para a síntese de lignina. Sob grave deficiência de N, a planta apresenta um menor porte, as células assumem um menor tamanho em seus tecidos e as paredes celulares tornam-se espessas, além disso, geralmente, o processo reprodutivo e a senescência são antecipados. Desta forma, mudanças no equilíbrio carbono/nitrogênio (C/N), interferem na qualidade da proteína e na disponibilidade da forragem (LARCHER, 2000).

A absorção de N pelas plantas não depende apenas de sua disponibilidade no solo, é dependente do crescimento e atividade do sistema radicular. Em condições de baixa disponibilidade de N, a absorção depende, principalmente, da disponibilidade e distribuição do N no solo e da distribuição do sistema radicular; já em condições de elevada disponibilidade, a absorção depende da taxa de crescimento, regulada internamente pela planta (GASTAL; LEMAIRE, 2002).

Para a aveia, a adubação nitrogenada é o que tem maior efeito no crescimento e o que, frequentemente, mais limita a sua produção de fitomassa. Sua disponibilidade estimula o crescimento e a atividade radicular, com reflexos positivos na absorção de outros nutrientes (SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003). Proporciona aumentos significativos para rendimento de MS e quantidade de N na sua fitomassa, ou seja, maior teor de PB (MOREIRA et al., 2001; SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003), rendimento de grãos (MOHR et al., 2007; MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2001; SILVA et al., 2001), densidade de panículas, altura de planta e porcentagem de grãos murchos (MOHR et al., 2007). Mas também apresenta decréscimo significativo

para massa de mil sementes, porcentagem de grãos cheios (MOHR et al., 2007) e relação C/N do material forrageiro (SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003).

Estas alterações ocorrem devido ao incremento no número de perfilhos da aveia pela aplicação de N, e esta deve ser o mais cedo possível, de preferência na emergência das plantas e no período que vai da emergência à emissão da 7ª folha do colmo principal (MUNDSTOCK; BREDEMEIER, 2001).

Para maximizar o efeito do N na cultura da aveia, em vista a torná-la mais econômica, é necessário aplicar em estádios de maior resposta. A aplicação na semeadura é necessária para estimular o crescimento inicial das plantas, com reflexos posteriores no aumento no número e quantidade de panículas, desde que mantidos condições adequadas no decorrer do desenvolvimento da cultura. O N aplicado em cobertura, quando as plantas tem 4 folhas (1º perfilho recém visível), ajuda a desenvolver melhor o 1º e 2º perfilhos, proporciona aumento no tamanho e número de panículas. Este N não vai propiciar a emissão de mais perfilhos, mas isto não é importante, pois perfilhos tardios não produzem panículas. O N aplicado quando as plantas apresentam 6 a 7 folhas (2 a 3 perfilhos bem visíveis) não afeta mais a produção de perfilhos, nem o tamanho da panícula, o efeito se restringe ao crescimento dos perfilhos já existentes e ao aumento no número de grãos por panícula, pois evita o aborto de muitas flores. A aplicação tardia, no estágio de emborrachamento, apresenta pouco ou nenhum efeito sobre o rendimento, mas em algumas ocasiões pode resultar no aumento da massa e do teor de proteína dos grãos (MUNDSTOCK, 2005).

A quantidade de N que proporciona o máximo rendimento de MS varia de acordo o genótipo, o tipo e composição do solo, bem como do fracionamento e épocas de aplicação em cobertura. Mohr et al. (2007) testando níveis de N (0 a 120 kg ha⁻¹); Kolchinski e Schuch (2003), com doses de 0 a 73 kg ha⁻¹; Steiner et al. (2009) com doses de 0 a 120 kg ha⁻¹, todos encontraram respostas lineares para produção de MS. Santi, Amado e Acosta (2003), avaliando doses de N (0 a 240 kg ha⁻¹) em aveia preta para solo com teor baixo de matéria orgânica (19 g kg⁻¹), observaram um efeito quadrático, em que os maiores incrementos na produção de MS foram verificados com aplicações de até 120 kg ha⁻¹, com ponto de máxima eficiência técnica de 180 kg ha⁻¹. No entanto, mais importante que o ponto de máxima eficiência técnica é o de máxima eficiência econômica.

Observa-se que a aveia é altamente responsiva a adubação nitrogenada, produzindo mais massa de forragem, com mais PB, e ainda afeta positivamente a produção de grãos. Efeito prejudicial sobre a qualidade dos grãos, como encontrado por Mohr et al. (2007), é pouco significativo no contexto global da ensilagem, pois o rendimento de grãos e de MS compensam.

2.8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGUETTO, J.M. et al. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos**. v. 1. São Paulo: Nobel, 2002. 395 p.

BECKER, A.E.; PRATES, E.R.; MÜHLBACH, P.R.F. Consumo e digestibilidade de silagens e feno de aveia preta (*Avena strigosa* L.). **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 6, p. 1062-1070, 1995.

BERNARDES, T.F. **Levantamento das práticas de produção e uso de silagens em fazendas produtoras de leite no Brasil**. Ebook. Milkpoint: UFLA, 2012. 17 p.

BERNARDINO, F.S. et al. Produção e características do efluente e composição bromatológica da silagem de capim-elefante contendo diferentes níveis de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2185-2191, 2005.

BERTO, J.L.; MÜHLBACH, P.R.F. Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 651-658, 1997.

BOLLER, W. Máquinas para fenação. **Revista Cultivar**, p. 26-29, 2002.

BORBA, L.R.O. et al. Níveis crescentes de gordura na dieta de vacas leiteiras de alta produção. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 12, n. 1, p. 87-92, 2006.

COAN, R.M. et al. Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchecimento e ao uso de aditivos. **ARS Veterinária**, v. 17, n.1, p. 58-63, 2001.

DAVID, D.B. et al. 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.

FLOSS, E.L. et al. 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.

FLOSS, E.L. et al. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

FONTANELI, R.S. et al. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2116-2120, 2009.

GASTAL, F.; LEMAIRE, G. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, n. 370, p. 789–799, 2002.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B. Eficiência no uso do nitrogênio por cultivares de aveia branca de acordo com a adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 1033-1038, 2003.

LACAZ RUIZ, R. **Microbiologia Zootécnica**. São Paulo: Roca, 1992. 314 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 550 p.

LOPEZ, S.E.; MÜHLBACH, P.R.F. Efeitos de diferentes tratamentos no valor nutritivo da aveia branca (*Avena sativa* L.) conservada na forma de silagem ou feno. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 23, n. 4, p. 518-526, 1994.

LOURES, D.R.S. et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1851-1858, 2003.

LOURES, D.R.S. et al. Composição Bromatológica e Produção de Efluente de Silagens de Capim-Tanzânia sob Efeitos do Emurchecimento, do Tamanho de Partícula e do Uso de Aditivos Biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 726-735, 2005.

MARTHA JÚNIOR, G.B. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. 480 p.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons Ltda., 1981. 218 p.

MERTENS, D.R. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

MOHR, R.M. et al. The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilizer application on oat yield and quality. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 87, p. 459-468, 2007.

MOREIRA, F.B. et al. Avaliação de aveia preta cv lapar 61 submetida a níveis crescentes de nitrogênio em área proveniente de cultura de soja. **Acta scientiarum**, v. 23, n. 4, p. 815-821, 2001.

MUNDSTOCK, C.M.; BREDEMEIER, C. Disponibilidade de nitrogênio e sua relação como afixamento e o rendimento de grãos de aveia. **Ciência Rural**, v. 31, n. 2, p. 205-211, 2001.

MUNDSTOCK, C.M. **Quando aplicar nitrogênio em trigo, cevada e aveia**. Porto Alegre: UFRGS, 2005. 8 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle**. 7. ed. Washington, DC: National Academy, 2001. 381 p.

NEUMANN, M. et al. Efeito do tamanho de partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 224-242, 2005.

NEUMANN, M. et al. Ensilagem de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes alturas de corte e tamanho de partícula: produção, composição e utilização na terminação de bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 3, p. 379-397, 2007a.

NEUMANN, M. et al. Características da fermentação da silagem obtida em diferentes tipos de silos sob efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 847-854, maio/jun., 2007b.

OLIVEIRA, J.S. et al. Valor nutricional da planta, padrões de fermentação e qualidade da silagem de triticale em seis idades de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 765-772, maio/jun., 2010.

PEREIRA, J.R.A.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319 p.

PHILIPP, D.; JENNINGS, J.A. **Management of Hay Production**. University of Arkansas. 2002. 25 p.

REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; PEDREIRA, M.S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319 p.

RODRIGUES, P.H.M. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1751-1760, 2007.

ROTZ, C.A. **Mechanization**: planning and selection of equipment. Grassland International Congress Proceedings. n. 19, p. 763-768, 2001.

SANTI, A.; AMADO, T.J.C.; ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta: influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, nov/dez., 2003.

SANTOS, M.V.F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, n. 59, p. 25-43, 2010.

SANTOS, P.M. Aspectos fisiológicos e metabólicos da nutrição nitrogenada de plantas forrageiras. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. 480 p.

SEAB. Comparativo de área, produção e produtividade no Paraná nas safras 09/10 – 10/11. Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. DERAL. 2011. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/>>. Acesso em 10 dez. 2012.

SILVA, J.F.C. Mecanismos reguladores de consumo. In: BERCHIELLI, Telma T.; PIRES, Alexandre v.; OLIVEIRA, Simone G. de. **Nutrição de ruminantes**. Jaboticabal: Fapesp, 2006. p. 57-77.

SILVA, R.H. et al. Doses e épocas de aplicação do nitrogênio na produção e qualidade de sementes de aveia preta. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 23, n. 2, p. 51-55, 2001.

STEINER, F. et al. Produção de biomassa e relação C/N da aveia preta submetida a fontes e doses de nitrogênio. **Global Science and Technology**, v. 2, n. 3, p. 29-37, set/dez. 2009.

TAVARES, V.B. et al. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 40-49, 2009.

VALADARES FILHO, S.C. et al. (ed.). **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. 2. ed. Viçosa: UFV - DZO, 2010. 502 p.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

ZANINE, A.M. et al. Efeito do farelo de trigo sobre as perdas, recuperação da matéria seca e composição bromatológica de silagem de capim-mombaça. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 43, n. 6, p. 803-809, 2006.

3 ENSILAGEM DE AVEIA BRANCA EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SUBMETIDO AO EFEITO DE ADUBAÇÃO NITROGENADA E PRÉ-MURCHAMENTO

3.1 RESUMO

Objetivou-se avaliar o efeito do pré-murchamento e adubação nitrogenada em dois estádios de desenvolvimento, sobre características de fermentação e valor nutritivo da silagem de aveia branca (*Avena sativa* L.). O experimento foi conduzido na área experimental da UTFPR, campus Dois Vizinhos, em Nitossolo Vermelho de textura argilosa, durante o período hibernar de 2011. O delineamento experimental foi de blocos completamente casualizados, distribuídos em fatorial (6x3) em parcelas subdivididas com três repetições. As parcelas experimentais foram dimensionadas de 10 X 8 m, para aplicação do fator principal correspondente a doses de nitrogênio, sendo: 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹, as mesmas foram subdivididas em faixas de 3,33 x 8 m para a aplicação do fator secundário, referente aos diferentes estádios de corte para ensilagem: início do florescimento sem e com pré-murchamento durante 6 horas no campo, e florescimento pleno. A adubação nitrogenada na aveia branca promove redução no pH e no teor de MM do ensilado, promovendo redução nos teores de FDN e FDA e elevação dos teores de PB e PIDN, quando confeccionada a silagem no início do florescimento. O efeito de pré-murchamento no início de florescimento inibe a produção de efluentes e apresenta maiores teores de PB e PIDN, sem efeito sobre as características de fermentação e de valor nutritivo. A ensilagem no estádio de florescimento pleno apresenta melhor qualidade de fermentação, com pH e CT menores, mas no valor nutritivo apresenta menor teor de MM, EE, PB e DIVMS. Embora o NDT não seja alterado pelos estádios, a ensilagem no início do florescimento com pré-murchamento apresenta melhor valor nutritivo, com maior teor de PB e menores teores de FDN e FDA, na comparação com florescimento pleno.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. Capacidade tampão. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca. pH. Proteína bruta.

WHITE OAT SILAGE IN TWO PHENOLOGIC STAGES UNDER EFFECT OF NITROGEN FERTILIZATION AND PRE-WILTING

3.2 ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of pre-wilting and nitrogen fertilization in two stages of development, on fermentation characteristics and nutritional value of the silage white oat (*Avena sativa* L.). The experiment was conducted in the experimental area of UTFPR campus Dois Vizinhos, in an Oxisol with clay texture, during the winter period of 2011. The experimental design was randomized block distributed in factorial (6x3) in split plot with three replications. The experimental plots were sized 10 X 8 m, the main factor for application corresponding to nitrogen levels, as follows: 0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹, they were subdivided of 3.33 x 8 m for the application of the secondary factor, referring to stages in cutting for silage: early flowering with and without pre-wilting for 6 hours in the field, and full flowering.

Nitrogen fertilization in white oat promotes reduction in pH and the content of MM of the ensiled, promoting a reduction in NDF and ADF and elevating the levels of CP and NDIP when the silage was made at early flowering. The effect of pre-wilting in early flowering inhibits the effluents emission and has higher CP and NDIP levels, without effect on the fermentation characteristics and nutritional value. The silage in full flowering stage has a better quality of fermentation, with lower pH and CT, but the nutritional value has lower content of MM, EE, CP and IVDMD. Although the NDT is not altered by the stages, ensiling at early flowering with pre-wilting has better nutritional value, with higher content of CP and lower NDF and ADF, compared to full flowering.

Keywords: *Avena sativa* L. Buffer capacity. In vitro digestibility of dry matter. pH. Crude protein.

3.3 INTRODUÇÃO

A ensilagem é o processo de conservação da forragem resultante da fermentação anaeróbica em que, basicamente, carboidratos solúveis são convertidos em ácidos orgânicos pela ação de microrganismos que, em ambiente ideal, se proliferam e criam condições adequadas à conservação, preservando o valor nutritivo (PEREIRA; REIS, 2001).

A ensilagem de gramíneas forrageiras, sejam elas tropicais ou temperadas, é uma alternativa para fornecimento de volumoso de qualidade em períodos de baixa oferta de pasto no campo. Surgiu a partir do interesse em armazenar o excedente de forragem para substituir, ao menos parcialmente, a participação de silagens tradicionais como milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.), na busca pela produção mais econômica da pecuária de corte e leite. A cultura da aveia, além de ser excelente forragem para oferta de consumo in natura, ou seja sob pastejo, pode também ser utilizada para conservação de forragem na forma de silagem (FONTANELI et al., 2009).

Para que o processo de ensilagem das forrageiras ocorra de maneira satisfatória, e as perdas de qualidade sejam mínimas, é necessário que o material apresente características adequadas, como um adequado nível de substratos fermentáveis na forma de carboidratos solúveis, conter relativamente baixa capacidade tampão e apresentar teor de massa seca acima de 20% (McDONALD, 1981). No entanto, a ensilagem de aveia principalmente em estágio de desenvolvimento vegetativo, à exemplo de outras gramíneas tropicais, apresentam algumas propriedades que afetam negativamente a qualidade final do ensilado,

como a elevada umidade e capacidade tampão, aliadas aos baixos teores de carboidratos solúveis (RODRIGUES et al. 2007).

A operação de pré-murchamento no campo eleva o teor de matéria seca, reduz a atividade da água, reduz ou cessa a emissão de efluente, ainda pode elevar os teores de carboidratos solúveis na matéria verde e reduzir a capacidade tampão, conferindo melhores condições para fermentação láctica e, por conseguinte, maior preservação do valor nutritivo da forragem (McDONALD, 1981).

A fertilidade do solo tem papel importante na produção de forragens, sendo que para a obtenção de elevada produtividade é importante disponibilizar os nutrientes adequadamente às plantas, principalmente o nitrogênio (N), que é o principal elemento potencializador do crescimento das gramíneas, mas que apresenta um ciclo muito curto no solo, sendo muitas vezes perdido por lixiviação, erosão, volatilização e/ou desnitrificação (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). A disponibilidade de N no solo estimula o crescimento e a atividade radicular, com reflexos positivos na absorção de outros nutrientes (SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003). Proporciona aumentos significativos no rendimento de MS e na quantidade de N na sua fitomassa, ou seja, PB (MOREIRA et al., 2001; SANTI; AMADO; ACOSTA, 2003) e no rendimento de grãos (MOHR et al., 2007).

Em função da necessidade de maior conhecimento no uso de gramíneas forrageiras para produção de silagem, o experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do pré-murchamento e adubação nitrogenada em dois estádios de desenvolvimento, sobre as características fermentativas e o valor nutritivo da silagem de aveia branca.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período hibernar de 2011, na área da fazenda experimental da UTFPR, campus Dois Vizinhos, em sucessão à cultura de milho para grãos. A área está localizada na região Sudoeste do Estado do Paraná, com latitude 25°42'S, longitude 53°08'W e altitude de aproximadamente 561 m. O solo da área experimental é um Nitossolo Vermelho de textura argilosa (EMBRAPA, 2006).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados, arranjos em fatorial (6x3) em parcelas subdivididas com três

repetições. As parcelas experimentais foram dimensionadas de 10 X 8 m, para aplicação do fator principal correspondente a doses de nitrogênio (N), sendo: 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹, as mesmas foram subdivididas em faixas de 3,33 x 8 m para a aplicação do fator secundário, referente aos diferentes estádios de corte para ensilagem: início do florescimento sem (IFSPM) e com pré-murchamento (IFCPM) e florescimento pleno (FPSPM), aos 80 e 96 dias após a emergência, respectivamente.

O pré-murchamento foi realizado no campo por 6 horas, com revolvimentos da forragem a cada 2 horas, as condições climáticas médias durante este período foram: temperatura 18,0°C, umidade relativa 74,7%, velocidade do vento 2,9 m s⁻¹, radiação de 2316 kJ m⁻², sem ocorrência de chuvas.

A semeadura da aveia branca (*Avena sativa* L.), cultivar URS Guapa, foi em 25/05/2011 na densidade de 100 kg ha⁻¹, correspondendo a 254 sementes viáveis m⁻² de acordo com teste de germinação (BRASIL, 2009) realizada no sistema de semeadura direta com espaçamento entre fileiras de 17 cm. A adubação de base seguiu a recomendação do manual de adubação e calagem (CQFS RS/SC, 2004), com base na análise de solo (Tabela 2), com 60 kg de P₂O₅ ha⁻¹, na forma de superfosfato simples e 40 kg de K₂O ha⁻¹, na forma de cloreto de potássio. A adubação nitrogenada nos respectivos tratamentos foi realizada com ureia, dividida em três doses iguais, sendo elas: na base, no início do perfilhamento e a última na emissão da 5^a a 6^a folha do colmo principal.

Tabela 2 – Caracterização química do solo na instalação do experimento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2011

Camada	MO	P	K	pH	pH	Al ³⁺	H+Al	Ca	Mg	CTC
cm	g dm ⁻³	mg dm ⁻³		CaCl ₂	SMP	cmol _c dm ⁻³				
0-10	41,55	5,74	441,83	5,4	6,20	0,00	4,28	6,25	3,92	13,58
10-20	33,51	4,20	195,50	5,3	6,10	0,00	4,61	4,77	3,65	13,53

Os dados de precipitação, temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento constam na figura 2. De acordo com o balanço hídrico, em que a taxa de evapotranspiração foi calculada pelo modelo de Thornthwaite (1948) segundo Rolim, Sentelhas e Barbieri (1998), é possível verificar pequeno déficit hídrico na implantação do experimento (Figura 3), sem prejuízos para a germinação,

sendo que houve precipitações pluviométricas significativas em alguns períodos, sem no entanto, prejudicar o desenvolvimento da cultura.

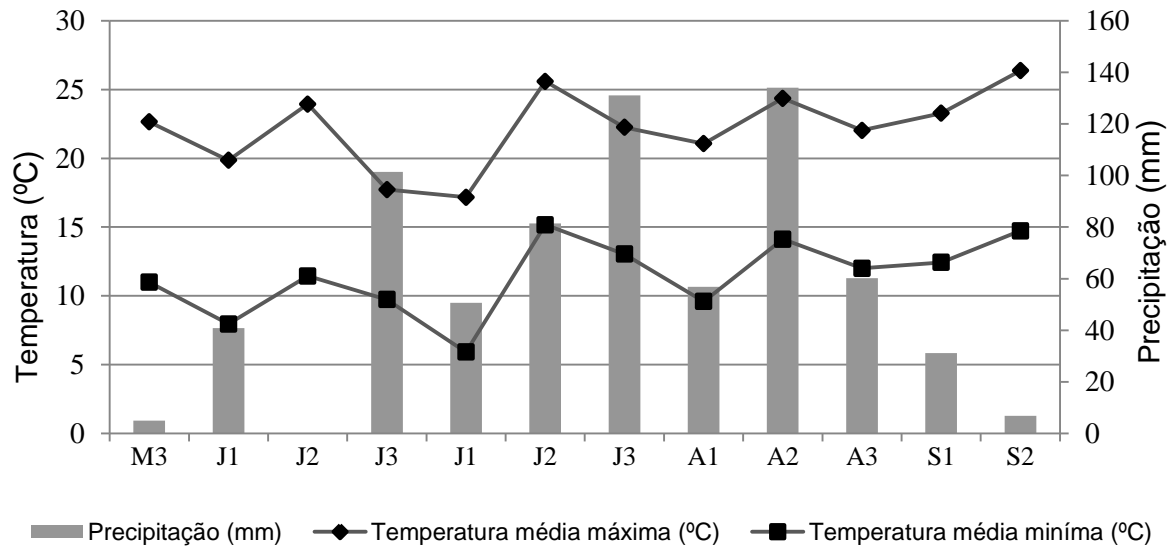


Figura 2 – Precipitação e médias de temperatura máxima e mínima durante a condução do experimento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2011.

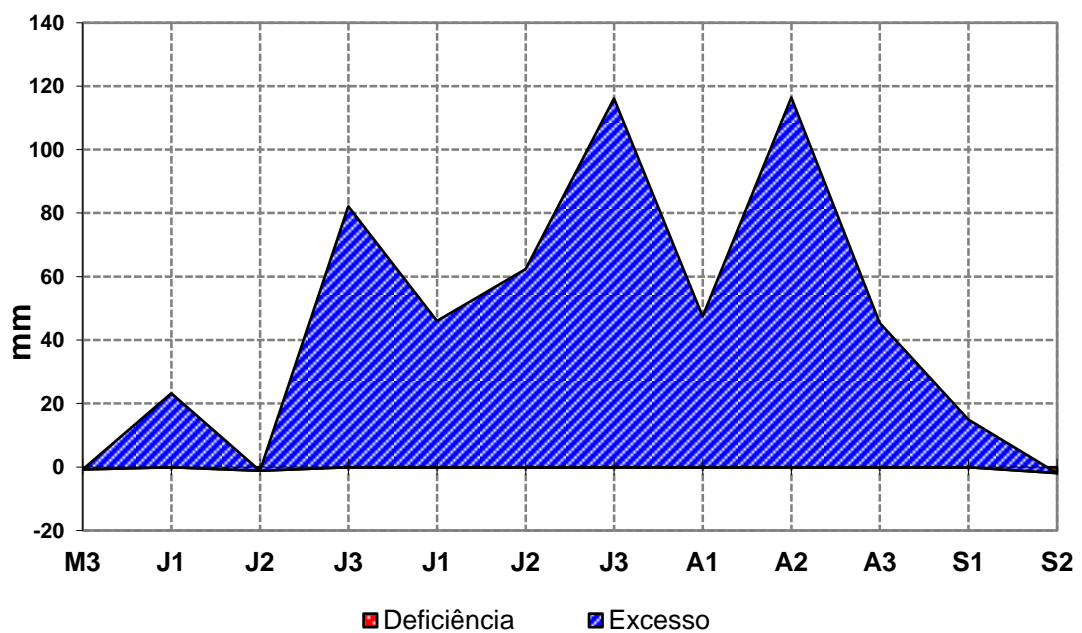


Figura 3 – Balanço hídrico decendial, deficiência e excesso para a cultura da aveia durante a condução do experimento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2011.

A produtividade da forragem foi determinada pela coleta de uma amostra de $0,25 \text{ m}^2$ ($0,5 \times 0,5 \text{ m}$) por parcela, realizado manualmente com tesoura rente ao solo, no estágio de florescimento pleno. O corte para ensilagem foi realizado com segadeira manual entre as 10:30 e 11:00 horas, aproximadamente 18 cm acima da

superfície do solo, particulado em colhedora de forragens, modelo JF 9Z10, no tamanho médio de 11 mm. Posteriormente esse material foi ensilado em mini-silos de PVC de dimensões, 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, na densidade média de 750 kg m^{-3} . Os mini-silos foram perfurados na base (6 mm de diâmetro), sendo mantido vedado com fita, pelo qual realizou-se as coletas de efluentes durante a fermentação, sendo as três primeiras coletas a cada 3 dias e as demais semanalmente, até cessar a emissão.

Aos cinco meses da ensilagem foram abertos os mini-silos, coletando-se amostras para procedimentos das análises laboratoriais. O pH no momento da abertura do silo foi medido conforme a metodologia de Silva e Queiroz (2006). Parte da amostra foi congelada para posterior determinação da capacidade tampão (CT), segundo metodologia de Playne e McDonald (1966) citado por Jobim et al. (2007). Outra parte foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante 72 horas para determinação do teor de matéria seca (MS), em seguida, fragmentado em moinho tipo Wiley a 1 mm para avaliação bromatológica, sendo esta, corrigida para o teor de MS na temperatura de 105°C durante 24 horas (SILVA; QUEIROZ, 2006). Material mineral (MM) e extrato etéreo (EE) foram determinados segundo metodologia de Silva e Queiroz (2006). Proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA) foram determinadas pelo método Kjeldahl (SILVA; QUEIROZ, 2006). Fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinadas por intermédio do equipamento ANKON utilizando saquinhos confeccionados com malha TNT – 100 g m^{-2} . A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada segundo a metodologia de Tilley e Terry (1963) com adaptação para a utilização do rúmen artificial, desenvolvida pela ANKON (GARMAN; HOLDEN; KANE, 1997).

A matéria orgânica digestível (MOD) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados a partir da DIVMS conforme Kunkle e Bates (1998): $\text{MOD} = -0,664 + [1,032 (\text{DIVMS})]$, em que: MOD = Matéria orgânica digestível (%); DIVMS = Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%). $\text{NDT} = \text{MO} \{[26,8 + 0,595 (\text{MOD})]/100\}$, em que: NDT = Nutrientes digestíveis totais (%); MO = Matéria orgânica (%); MOD = Matéria orgânica digestível (%).

A determinação dessas características bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus Dois Vizinhos. Os dados foram submetidos à análise da variância pelo

programa SAS 8.1 (SAS Institute, 2001), e quando significativos foram ajustadas curvas de regressão para doses de N e teste de Tukey a 5% para períodos de confecção da silagem.

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de matéria seca foi influenciada ($P < 0,05$) pela adubação nitrogenada (Tabela 3), de maneira quadrática (Tabela 4), com máxima eficiência de produção na dose de $180 \text{ kg de N ha}^{-1}$, resultando em produtividade de 5008 kg ha^{-1} de MS. Santi, Amado e Acosta (2003) obtiveram resposta semelhante em aveia preta, com máxima produção aos 180 kg ha^{-1} na produtividade de 7171 kg ha^{-1} de MS.

Não houve efeito ($P > 0,05$) de interação entre dose de N e estágio para o teor de MS no momento de ensilagem (Tabela 3), bem como não foi influenciada pela adubação nitrogenada isoladamente, apresentando média de 22,48% (Tabela 4). Dias et al. (2012) avaliando doses de 0 a $240 \text{ kg de N ha}^{-1}$ também não observaram efeito no teor de MS de silagem de milho.

O fator estágio de ensilagem alterou o teor de MS ($P < 0,01$) uma vez que aumentou conforme a planta foi se aproximando da maturação. No mesmo sentido Oliveira et al. (2010), relata o incremento de 0,63 unidades percentuais no teor de MS da forragem para cada dia adicional na idade da planta. O pré-murchamento foi eficiente na perda de umidade, elevando os teores de MS de 19,02% para 24,84% após 6 horas de sol no campo, sendo superior que a MS no estágio de FPSPM, com 23,58%.

Em ambos os estágios de ensilagem, a MS não alcançou a faixa indicada com ideal por Andriguetto et al. (2002) de 28 a 35%, e Lacaz Ruiz (1992), acima de 28%. No entanto, silagens acima de 20% podem ser de boa qualidade, desde que contenham um adequado nível de substratos fermentáveis na forma de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão (McDONALD, 1981).

De modo geral, durante o período hibernal as condições climáticas não são propícias ao processo de desidratação, o clima é caracterizado por temperaturas pouco elevadas, poucas horas de sol e de baixa radiação. Berto e Mühlbach (1997) necessitaram de 26 horas de murchamento no campo para elevar o teor de MS de 15,3 para 31,2%. Quando o material permanece por mais de um dia no campo

Tabela 3 – Análise da composição bromatológica e características de fermentação da silagem de aveia branca (*Avena sativa* L.) submetida a doses de nitrogênio, estágio de corte e pré-murchamento. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2011

Variáveis	Doses de N (kg ha ⁻¹)						Estádio			CV (%)	Efeito e interação		
	0	40	80	120	160	200	IFSPM ^{††}	IFCPM ^{††}	FPSPM ^{††}		E ^{††}	N ^{††}	N*E
Produção (kg MS ha ⁻¹) ¹	3693,3	4386,7	4533,3	4813,3	5066,7	4973,3	-	-	4577,8		-	<0,0001	-
MS (%) ²	22,72	22,90	22,09	22,27	22,14	22,79	19,02 c	24,84 a	23,58 b	4,7	<0,0001	0,4302	0,8542
Efluente ³	18,97	28,16	32,18	42,53	51,72	30,46	34,00	-	-	27,4	-	0,0195	-
CT ⁴	78,77	79,49	81,73	70,43	63,75	61,30	84,47 a	77,97 a	55,29 b	23,7	<0,0001	0,0593	0,8213
pH ⁵	4,13	4,01	4,21	3,76	3,50	3,55	3,95 a	4,27 a	3,37 b	12,8	<0,0001	0,0122	0,3129
FDN (%MS) ⁶	68,22	68,19	66,93	64,51	61,56	62,80	65,48 ab	63,93 b	66,69 a	4,7	0,0391	<0,0001	0,0196
FDA (%MS) ⁷	39,25	38,30	38,81	37,33	35,62	36,27	37,88 ab	36,56 b	38,36 a	4,9	0,0166	0,0008	0,0445
MM (%MS) ⁸	8,21	7,96	8,24	7,91	7,81	7,60	8,62 a	8,66 a	6,59 b	5,5	<0,0001	0,0371	0,8849
EE (%MS) ⁹	3,27	3,31	3,43	3,29	3,19	3,21	3,85 a	3,67 a	2,34 b	7,2	<0,0001	0,2997	0,7982
PB (%MS) ¹⁰	13,08	13,49	14,23	15,65	16,69	15,96	15,01 b	16,50 a	13,03 c	8,8	<0,0001	<0,0001	0,0321
PIDN (%MS) ¹¹	3,20	3,17	3,54	3,68	3,38	3,63	3,28 b	3,65 a	3,38 ab	9,9	0,0067	0,0077	0,0150
PIDA (%MS) ¹²	2,10	2,12	2,38	2,57	2,63	2,68	2,49	2,45	2,30	10,5	0,0791	<0,0001	0,0127
DIVMS (%MS) ¹³	39,93	39,93	40,14	40,98	43,61	42,18	41,99 a	43,16 a	38,24 b	9,3	0,0013	0,2611	0,6676
NDT (%MS) ¹⁴	46,83	46,94	46,93	47,56	49,10	48,38	47,94	48,33	46,60	4,6	0,0610	0,1877	0,6308

^{††}IFSPM: início do florescimento sem pré-murchamento, IFCPM: início do florescimento com pré-murchamento, FPSPM: florescimento pleno sem pré-murchamento, N: nitrogênio, E: estágio de corte, -: não avaliado.

¹Produção de matéria seca avaliado no estágio de florescimento pleno, ²Matéria seca na ensilagem, ³Efluente (L t⁻¹) avaliado isoladamente, uma vez que ocorreu apenas em um estágio, ⁴Capacidade tampão (meq de NaOH (0,1 N) para elevar o pH de 4,0 para 6,0 eq mg 100 g MS⁻¹), ⁵Potencial de Hidrogênio, ⁶Fibra em detergente neutro, ⁷Fibra em detergente ácido, ⁸Matéria mineral, ⁹Extrato etéreo, ¹⁰Proteína bruta, ¹¹Proteína insolúvel em detergente neutro, ¹²Proteína insolúvel em detergente ácido, ¹³Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, ¹⁴Nutrientes digestíveis totais.

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem (P<0,05) pelo teste de Tukey.

ns: não significativo.

Tabela 4 – Médias e equações de regressão para a composição bromatológica e características de fermentação da silagem de aveia branca (*Avena sativa* L.) submetida a doses de nitrogênio, estágio de corte e pré-murchamento. UTFPR, Dois Vizinhos, 2011

Variáveis	Estádio	Equação de regressão	r ²	P
Produção (kg MS ha ⁻¹) ¹	FP	$\hat{Y} = 3746,19 + 14,056X - 0,03913X^2$	0,93	0,0439
MS (%) ²		$\bar{X} = 22,48$		
Efluente ³		$\hat{Y} = 16,27 + 0,3922X - 0,00147X^2$	0,72	0,0339
CT ⁴		$\bar{X} = 72,58$		
pH ⁵		$\hat{Y} = 4,21143 - 0,00348X$	0,75	0,0005
FDN (%MS) ⁶	IF SPM	$\hat{Y} = 69,60635 - 0,04129X$	0,83	0,0034
	IF CPM	$\hat{Y} = 70,34587 - 0,06415X$	0,80	0,0001
	FP SPM	$\bar{X} = 66,69$		
FDA (%MS) ⁷	IF SPM	$\hat{Y} = 40,2146 - 0,02334X$	0,65	0,0090
	IF CPM	$\hat{Y} = 39,54921 - 0,02993X$	0,88	0,0003
	FP SPM	$\bar{X} = 38,36$		
MM (%MS) ⁸		$\hat{Y} = 8,23190 - 0,00275X$	0,72	0,0115
EE (%MS) ⁹		$\bar{X} = 3,28$		
PB (%MS) ¹⁰	IF SPM	$\hat{Y} = 12,49841 + 0,02514X$	0,79	0,0005
	IF CPM	$\hat{Y} = 13,85619 + 0,02645X$	0,90	<0,0001
	FP SPM	$\bar{X} = 13,03$		
PIDN (%MS) ¹¹	IF SPM	$\bar{X} = 3,28$		
	IF CPM	$\hat{Y} = 3,20159 + 0,00448X$	0,52	0,0042
	FP SPM	$\bar{X} = 3,38$		
PIDA (%MS) ¹²	IF SPM	$\hat{Y} = 2,27365 + 0,00215X$	0,72	0,0034
	IF CPM	$\hat{Y} = 1,79413 + 0,00656X$	0,91	<0,0001
	FP SPM	$\bar{X} = 2,30$		
DIVMS (%MS) ¹³		$\bar{X} = 41,13$		
NDT (%MS) ¹⁴		$\bar{X} = 47,62$		

*IFSPM: início do florescimento sem pré-murchamento, IFCPM: início do florescimento com pré-murchamento, FPSPM: florescimento pleno sem pré-murchamento.

¹Produção de matéria seca avaliado no estágio de florescimento pleno, ²Matéria seca na ensilagem, ³Efluente (L t⁻¹) avaliado isoladamente, uma vez que ocorreu apenas em um estágio, ⁴Capacidade tampão (meq de NaOH (0,1 N) para elevar o pH de 4,0 para 6,0 100 g MS⁻¹), ⁵Potencial de Hidrogênio, ⁶Fibra em detergente neutro, ⁷Fibra em detergente ácido, ⁸Matéria mineral, ⁹Extrato etéreo, ¹⁰Proteína bruta, ¹¹Proteína insolúvel em detergente neutro, ¹²Proteína insolúvel em detergente ácido, ¹³Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, ¹⁴Nutrientes digestíveis totais.

aumentam os riscos de perdas por condições climáticas e ainda torna a operação mais trabalhosa e cara, muitas vezes ha necessidade de enleiramento à noite e espalhamento no outro dia após a secagem do orvalho, a fim de minimizar o reumedecimento da forragem durante a noite (PEREIRA; REIS, 2001).

O volume de efluentes é influenciado principalmente pelo teor de MS do material ensilado, no entanto, outros fatores como tipo de silo, intensidade de compactação e o processamento físico da forragem afetam a taxa e o volume final do efluente. A produção de efluentes ocorreu apenas no estádio de IFSPM, o qual possuía a menor teor de MS 18,82% (Tabela 3). Para os estádios IFCPM e FPSPM com 24,64 e 23,39% respectivamente não houve perda de efluentes. De acordo com McDonald (1981) pouca formação de efluente é observada com teor de 25% de MS, sendo que não ocorre em 29% de MS. Quanto ao efeito da dose de N, a emissão de efluentes foi influenciada de forma quadrática (Tabela 4), com máxima produção estimada em 42,47 L t⁻¹, com o uso de 133,5 kg de N ha⁻¹.

Haigh (1999) analisou uma série de experimentos com azevém (*Lolium multiflorum* L.) em cultivo solteiro ou consorciado com trevo (*Trifolium repens* L.), criando uma equação para estimar o volume de perdas de efluentes, sendo, efluente = $e^{(12,983-0,051*MS)}$, $r^2 = 0,644$, em que efluente (L t⁻¹) e MS (g kg⁻¹). Sendo a MS para o tratamento mencionado acima, de 18,82%, a equação estimaria uma emissão de efluentes de 29,51 L t⁻¹, ligeiramente abaixo da média observada de 34 L t⁻¹, demonstrando uma produção similar às demais forrageiras.

Não ocorreu interação para a CT da silagem (P>0,05) e a mesma não foi influenciada pelas doses de N (P>0,05), sendo afetada apenas pelo estádio (P<0,01), apresentando menor valor no estádio FPSPM (Tabela 3). Forragens com baixo teor de MS e elevado teor de PB como no estádio de ensilagem IFSPM, com 18,82 e 15,01%, respectivamente, correspondem a um ambiente favorável para desencadear fermentações secundárias indesejáveis, que ocasionariam proteólise e conseqüentemente elevaria a CT (ANDRIGUETTO et al., 2002; PEREIRA; REIS, 2001; VAN SOEST, 1994). No entanto, na comparação com IFCPM, em que o pré-murchamento elevou o teor de MS, não foi verificado efeito significativo.

A operação de pré-murchamento não apresenta efeito consistente na literatura sobre a alteração na CT da silagem. Castro (2002), avaliando silagem de tifton 85 (*Cynodon* spp.) com teores de 25 a 65% de MS, observou estabilidade da CT até 8 dias após a ensilagem, posteriormente apresentou grande oscilação sem tendência definida. Berto e Mühlbach (1997) ensilando aveia preta, observaram que o pré-murchamento de 15,3 para 31,2% reduziu a CT em 14,6%. Evangelista et al. (2004), avaliando em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* S. cv. Marandu), verificaram diminuição de aproximadamente 1,59 meq HCl 100g MS⁻¹ para o

acréscimo de cada uma hora de pré-secagem. A CT da aveia branca observado aqui é considerada elevada, valores acima do encontrado por Meinerz et al. (2011) para aveia branca UPF 18 no estágio de grão pastoso 14,72 meq NaOH 100g MS⁻¹, e próximos ao de triticale (*Secale cereale* L.) em grão farináceo, de 71,93 meq NaOH 100g MS⁻¹ (BUMBIERIS Jr. et al. 2010).

Trabalhos de Bergamaschine et al. (2006) com capim-marandu e Camargo (2006) com capim-xaraés (*Brachiaria brizantha* S. cv. Xaraés) mostraram que o pré-murchamento de 24,1 para 47,97% e de 16,04 para 23,23% de MS, respectivamente, não alteraram significativamente a CT. Enquanto Tosi et al. (1995), avaliando capim elefante anão (*Pennisetum purpureum* S. cv. Mott), observaram que o pré-murchamento de 12,29 para 29,6% de MS elevou a CT de 36,8 para 47,7 meq HCl 100g MS⁻¹. Para haver efeito de pré-murchamento na redução da CT, parece ser necessário elevar mais o teor de MS, em torno de 31,2%, como encontrado por Berto e Mühlbach (1997), ou ainda, a ausência de significância pode ser explicada pela perda de substâncias tamponantes via efluente (Tabela 3). Contudo, a CT parece estar mais relacionada com os teores de ácidos orgânicos, que decrescem com a maturidade da planta (VAN SOEST, 1994), uma vez que os estádios IFCPM e FPSPM com teores de MS iguais estatisticamente, menor CT foi verificada no segundo caso.

De acordo com McDonald (1981), a maior parte das propriedades tamponantes das forragens pode ser atribuída aos ânions (ácidos orgânicos, ortofosfatos, sulfatos, nitratos e cloretos), com somente cerca de 10 a 20% resultantes da ação de proteínas vegetais. Quantitativamente, os ácidos mais importantes que ocorrem em gramíneas são o málico, o cítrico e o quínico. O ácido oxálico normalmente é encontrado em níveis baixos nas gramíneas temperadas.

Não houve interação ($P > 0,05$) entre doses de N e estádios de corte para o pH (Tabela 3). Embora a CT não tenha sido alterada, o pH reduziu linearmente ($P < 0,01$) com as doses de N (Tabela 4). Diferenças não foram observadas por Macedo et al. (2012) avaliando doses de 0 a 200 kg ha⁻¹ de N em silagem de sorgo. A redução neste caso, pode ser explicada pelo decréscimo nos teores de MM, FDN e FDA (Tabela 4), que estariam associados ao maior teor de substratos fermentáveis aos microrganismos, o que pode ter favorecido a formação de ácidos, principalmente o ácido lático, reduzindo o pH, conferindo maior estabilidade a silagem.

Quanto ao estágio de ensilagem o efeito foi significativo sobre o pH ($P < 0,01$), sendo mais baixo no FPSPM (3,37), muito em virtude da menor CT. Seguindo a tendência da CT, o pH não foi alterado pela operação de pré-murchamento para os estádios IFSPM e IFCPM (3,95 e 4,27, respectivamente), corroborando com Igarasi (2002) em capim-tanzânia (*Panicum maximum*, J. cv. Tanzânia) e diferindo de Berto e Mühlbach (1997) em que o pré-murchamento reduziu o pH de 4,6 para 4,2 para aveia preta. Em todos os estádios os valores de pH atingiram níveis satisfatórios, pois Van Soest (1994) associa o pH e a umidade com a qualidade das silagens, e esta é considerada boa quando o pH é inferior a 4,4 para silagens de elevada umidade.

Houve interação entre doses de N e estágio de ensilagem ($P < 0,05$) para os teores de FDN e FDA, com redução linear para os estádios IFSPM e IFCPM com o acréscimo de N, sendo que não houve influência no estágio FPSPM, apresentando média de 66,69 e 38,36% para FDN e FDA respectivamente. Os teores de FDN e FDA foram superiores no estágio FPSPM, não diferindo do IFSPM, já o estágio IFCPM foi menor que o primeiro, sem diferir do segundo. O que parece ter acontecido é que a perda de efluentes no IFSPM não carregou substâncias solúveis em quantidade suficiente para elevar significativamente a proporção das frações fibrosas, na comparação ao estágio com pré-murchamento. A proporção das frações fibrosas também não foi alterada pelo pré-murchamento em trabalho de Berto e Mühlbach (1997) com aveia preta. No entanto, Coan et al. (2001) visualizaram elevação no teor de FDA em silagens sem pré-murchamento, em aveia preta, aveia amarela e triticale.

O efeito da adubação nitrogenada nas frações fibrosas é variável, e parece estar relacionado com o estágio e a espécie. Para a aveia, em pastejo, geralmente não ocorre diferenças significativas nestas frações (MOREIRA et al., 2001; EINSFELD et al., 2012), no entanto, nestas referências os cortes foram realizados no estágio vegetativo, com teores de fibra muito abaixo dos encontrados no presente trabalho, uma vez que os mesmos aumentam com o desenvolvimento da cultura (FLOSS et al., 2003). Redução linear nos teores de FDN e FDA com doses de adubação nitrogenada foram detectadas por Magalhães et al. (2011) para *Brachiaria decumbens* Stapf. Castagnara (2009), avaliando capins tanzânia, mombaça (*Panicum maximum*, J. cv Mombaça) e mulato (*Brachiaria* sp. Híbrida Mulato), observou comportamento quadrático para o teor de FDN, sendo o menor valor

estimado em 115 kg de N ha⁻¹, sem efeito para FDA. Nesta mesma linha, Macedo et al. (2012) não encontraram efeito do N para FDN e FDA em silagem de sorgo, enquanto Simili et al. (2008) observou redução apenas para FDN em sorgo de Sudão (*Sorgo sudanense* S.).

A MM não sofreu efeito de interação ($P < 0,05$) sendo apenas afetada com as doses de N, reduzindo linearmente com os incrementos de N (Tabela 4), corroborando com trabalho de Macedo et al. (2012) em silagem de sorgo. A operação de pré-murchamento não influenciou o teor de MM nos estádios IFSPM e IFCPM (Tabela 3), entretanto, foi menor para o FPSPM, como também encontrado por Floss et al. (2007). A interação não foi significativa para o EE ($P < 0,05$), bem como não foi influenciado pelas doses de N (Tabela 3), somente apresentando efeito para corte, sendo mais baixo no estádio de FPSPM, os demais não diferiram.

Os teores de PB, PIDN e PIDA (Tabela 3) sofreram efeito de interação entre doses de N e estádios de ensilagem ($P < 0,05$). A PB para os estádios IFSPM e IFCPM foi elevada linearmente de acordo com as doses de N, corroborando com trabalhos de Moreira et al. (2001) e Santi, Amado e Acosta (2003), enquanto no FPSPM não se ajustou ao modelo, com média de 13,03%. O fator estádio afetou o teor de PB ($P < 0,01$), os maiores teores foram encontrados no IFCPM. A ensilagem com elevada umidade no IFSPM apresentou menor proteína, que pode ser explicado pela perda parcial de N com os efluentes emitidos, corroborando com trabalho de Berto e Mühlbach (1997), que encontraram redução de 22% em silagem de aveia em estádio vegetativo, e Loures et al. (2005), que visualizaram mesmo efeito em capim tanzânia. A PB foi menor no FPSPM, devido à redução normal, ou efeito diluição, com o avanço da maturidade da planta (FLOSS et al., 2007).

O teor de PIDN no IFCPM apresentou crescimento linear com as doses de N ($P < 0,01$), acompanhando o comportamento da PB (Tabela 4). No entanto, os estádios IFSPM e FPSPM não se ajustaram aos modelos matemáticos, apresentando as médias 3,28 e 3,38 respectivamente. O estádio influenciou o teor de PIDN, sendo maior e menor no IFCPM e IFSPM respectivamente, seguindo o comportamento da PB, o mesmo foi observado por Berto e Mühlbach (1997), já o estádio FPSPM não diferiu dos demais.

Os teores de PIDA para os estádios IFSPM e IFCPM foram elevados linearmente de acordo com as doses de N (Tabela 4), enquanto para o FPSPM não houve efeito e apresentou média de 2,30%, seguindo o mesmo comportamento da

PB. Embora tenha ocorrido efeito do fator estádio para PB e PIDN não se repetiu para o PIDA, mostrando que está ligado à frações de lignina e celulose, mais difíceis de serem alterados pelo processo fermentativo. Berto e Mühlbach (1997) também não observaram efeito do pré-murchamento sobre o PIDA.

Não houve interação para a DIVMS ($P>0,05$), tampouco sofreu influência das doses de N (Tabela 3). Foi afetada pelo fator estádio ($P<0,01$), sendo a melhor digestibilidade no estádio de IFSPM e IFCPM em detrimento ao FPSPM, com médias de 41,99, 43,16 e 38,24%, respectivamente, variação resultante do avanço da maturidade da planta (FLOSS et al., 2007). Os valores de DIVMS são próximos aos encontrados por Floss et al. (2003), 53,05 e 45,72% para o estádio de início do florescimento e florescimento pleno.

Quanto ao teor de NDT, não foi influenciado por nenhum dos fatores avaliados ($P>0,05$), com médias de 47,94, 48,33 e 46,6% para IFSPM, IFCPM e FPSPM, respectivamente. A menor DIVMS no estádio de FPSPM não influenciou o NDT, pois este estádio apresentou menor MM. A DIVMS e o NDT são parâmetros para expressar o valor nutritivo e energético dos alimentos, apresentam correlação negativa com os teores de FDA e MM (VAN SOEST, 1994). As reduções lineares nos teores das frações de FDN e FDA para os estádios de IFSPM e IFCPM bem como a redução linear da MM em todos os estádios com o aumento das doses de N (Tabela 4), foram de baixa magnitude, insuficientes para elevar significativamente a DIVMS e/ou o NDT.

A adubação nitrogenada promove elevação no teor de PB (Tabela 4), no entanto, não se espera efeitos sobre a digestibilidade ou valor energético da silagem, pois a elevação da proteína está direcionada em grande parte à fração de nitrogênio não proteico (VAN SOEST, 1994). A silagem de aveia branca apresentou-se como um volumoso de elevado teor de PB, em dietas exclusivas com este volumoso é capaz de suprir as exigências de algumas categorias de animais. Entretanto, possui elevados teores de FDN que deprimem o consumo e mediano valor energético (NDT). Mostra-se, portanto, como um volumoso de qualidade inferior quando comparado com a tradicional silagem de milho, contudo, sua produção e uso pode ser justificada quando sob custo inferior de produção.

3.6 CONCLUSÃO

A adubação nitrogenada até 180 kg ha eleva a produção de MS total da aveia. Promove redução no pH e no teor de MM da silagem, e pode reduzir a FDN e FDA e elevar a PB e PIDA.

O pré-murchamento no estágio de início de florescimento inibe a emissão de efluentes e eleva os teores de PB e PIDN, sem efeito sobre as características de fermentação e de valor nutritivo. A ensilagem no estágio de florescimento pleno apresenta melhores características de fermentação, com pH e CT menores, entretanto, há decréscimo do valor nutritivo, com teor de MM, EE, PB e DIVMS inferiores.

Embora o NDT não seja alterado pelos estádios, a ensilagem no início do florescimento com pré-murchamento apresenta melhor valor nutritivo, com maior teor de PB e menores teores de FDN e FDA, na comparação com florescimento pleno.

3.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGUETTO, J.M. et al. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos.** v. 1. São Paulo: Nobel, 2002. 395 p.

BERGAMASCHINE, A.F. et al. Qualidade e valor nutritivo de silagens de capim-marandu (*B. brizantha* cv. Marandu) produzidas com aditivos ou forragem emurchecida. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, n. 4, p. 1454-1462, 2006.

BERTO, J.L.; MÜHLBACH, P.R.F. Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurhecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 651-658, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BUMBIERIS Jr., V.H. et al. Aerobic stability of triticale silage in single culture or in mixtures with oat and/or legumes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2349-2356, nov. 2010.

CAMARGO, M.S. **Utilização de Glifosato na produção de silagem emurchecida de *Brachiaria brizantha*, Stapf. cv. xaraés.** 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CASTAGNARA, D.D. et al. **Adubação nitrogenada sobre o crescimento, a produção e a qualidade de gramíneas forrageiras tropicais.** 2009. 95 p.

Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2009.

CASTRO, F.G.F. **Uso de pré-emurchecimento, inoculante bacteriano-enzimático ou ácido propiônico na produção de silagem de Tifton 85 (*Cynodon sp.*)**. 2002. 150 f. Tese (Doutorado em agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

COAN, R.M. et al. Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchecimento e ao uso de aditivos. **ARS Veterinária**, v. 17, n.1, p. 58-63, 2001.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2004. 400 p.

DIAS, A.M.O. et al. Produção de silagem de milho sob diferentes níveis de nitrogênio. **II congresso de ciência e tecnologia UTFPR**, 2012.

EINSFELD, S.M. et al. Qualidade bromatológica da aveia preta cv. Iapar 61 sob doses crescentes de nitrogênio. **II congresso de ciência e tecnologia**, 2012.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EVANGELISTA, A.R. et al. Produção de silagem de Capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 443-449, mar/abr., 2004.

FLOSS, E.L. et al. 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.

FLOSS, E.L. et al. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

FONTANELI, R.S. et al. Rendimento e valor nutritivo de cereais de inverno de duplo propósito: forragem verde e silagem ou grãos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 11, p. 2116-2120, 2009.

GARMAN, C.L.; HOLDEN, L.A.; KANE, H.A. Comparison of in vitro dry matter digestibility of nine feedstuffs using three methods of analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 80 (supplement 1), 1997.

HAIGH, P.M. Effluent production from Grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, v. 54, p. 208-218, 1999.

IGARASI, M.S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do**

tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano. 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

JOBIM, C.C. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, suplemento especial, p. 101-119, 2007.

KUNKLE, W.E.; BATES, D.B. **Evaluating feed purchasing options: energy, protein, and mineral supplements.** In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE, 1998, Gainesville. Proceedings... Gainesville: University of Florida, p. 59-70, 1998.

LACAZ RUIZ, R. **Microbiologia Zootécnica.** São Paulo: Roca, 1992. 314 p.

LOURES, D.R.S. et al. Composição Bromatológica e Produção de Efluente de Silagens de Capim-Tanzânia sob Efeitos do Emurchecimento, do Tamanho de Partícula e do Uso de Aditivos Biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 726-735, 2005.

MACEDO, C.H.O. et al. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 2, p. 371-382 abr/jun., 2012,

MAGALHÃES, A.F. et al. Composição bromatológica e concentrações de nutrientes do capim braquiária adubado com nitrogênio e fósforo. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 12, n. 4, p. 893-907 out/dez., 2011.

MARTHA JÚNIOR, G.B. et al. Manejo da adubação nitrogenada em pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 21., 2004, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2004. 480 p.

McDONALD, P. **The biochemistry of silage.** New York: John Wiley & Sons Ltda., 1981. 218 p.

MEINERZ, G.R. et al. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2097-2104, 2011.

MOHR, R.M. et al. The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilizer application on oat yield and quality. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 87, p. 459-468, 2007.

MOREIRA, F.B. et al. Avaliação de aveia preta cv lapar 61 submetida a níveis crescentes de nitrogênio em área proveniente de cultura de soja. **Acta scientiarum.** v. 23, n. 4, p. 815-821, 2001.

OLIVEIRA, J.S. et al. Valor nutricional da planta, padrões de fermentação e qualidade da silagem de triticale em seis idades de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 3, p. 765-772, maio/jun., 2010.

PEREIRA, J.R.A.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319 p.

REIS, R.A.; MOREIRA, A.L.; PEDREIRA, M.S. Técnicas para produção e conservação de fenos de forrageiras de alta qualidade. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319 p.

RODRIGUES, P.H.M. Efeito da inclusão de polpa cítrica peletizada na confecção de silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum.). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, p. 1751-1760, 2007.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCELTM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SANTI, A.; AMADO, T.J.C.; ACOSTA, J.A.A. Adubação nitrogenada na aveia preta: influência na produção de matéria seca e ciclagem de nutrientes sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, nov/dez., 2003.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: Statistics**. Ver. 8.1; Cary, North Carolina, USA, 2001.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

SIMILI, F.F. et al. Resposta do híbrido de Sorgo-sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *In Vitro* da matéria orgânica. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 2, p. 474-480, mar/abr., 2008.

TOSI, H. et al. Ensilagem do Capim-elefante cv. Mott sob diferentes tratamentos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v. 24, n. 6, p. 909-926, 1995.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

4 ENSILAGEM DE AVEIA PRETA EM DOIS ESTÁDIOS FENOLÓGICOS SOB TAMANHOS DE PARTÍCULA E PRÉ-MURCHAMENTO

4.1 RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar os efeitos do estágio fenológico, tamanho de partícula e de pré-murchamento, sobre características de fermentação e valor nutritivo da silagem de aveia preta (*Avena strigosa* S.). O experimento foi conduzido durante o período hibernar de 2011, em Latossolo Vermelho de textura argilosa localizado no município de Renascença, região Sudoeste do Estado do Paraná. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado distribuídos em fatorial (3x2x2) com quatro repetições. Os fatores avaliados foram tamanhos de partícula: 5, 13 e 22 mm; estádios de ensilagem: início do florescimento e florescimento pleno; e operação: com e sem pré-murchamento. O tamanho de partícula altera apenas o pH, sem efeitos na composição bromatológica da silagem produzida. A operação de pré-murchamento é eficiente em restringir a emissão de efluentes no início do florescimento, também confere à silagem melhores condições de fermentação, com redução da capacidade tampão de 87,68 para 53,20 meq NaOH 100g MS⁻¹ e do pH de 3,64 para 3,15, os quais garantiram melhor preservação do valor nutritivo da forragem, possuindo menores teores de FDN e FDA, com maior PB, DIVMS e NDT. Com o avanço da maturidade verifica-se elevação nos teores de FDN e FDA e redução nos teores de MM, PB, DIVMS e NDT. A ensilagem em estágio de início de florescimento seguida de pré-murchamento possui condições adequadas para fermentação e apresenta melhor valor nutritivo.

Palavras-chave: *Avena strigosa* S. Capacidade tampão. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca. pH. Proteína bruta.

PHENOLOGICAL STAGE, PARTICLE SIZE AND PRE-WILTING OF BLACK OAT SILAGE

4.2 ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effects of phenological stage, particle size and pre-wilting on fermentation characteristics and nutritional value of the silage black oat (*Avena strigosa* S.). The experiment was conducted during the winter of 2011, in the clayey Oxisol localized in the city of Renascença, Southwest region of Paraná State. The experimental design was completely randomized distributed in a factorial (3x2x2) with four replications. The factors evaluated were particle sizes: 5, 13 and 22 mm; ensilage stages: early flowering and full flowering; and operation: with and without pre-wilting. The particle size changes only the silage pH, without any effects on the chemical composition of the silage produced. The operation of pre-wilting is efficient to restrict effluents emission at early flowering, also gives better silage fermentation conditions, with reduced buffering capacity of 87.68 to 53.20 meq 100g NaOH DM⁻¹ and of pH from 3.64 to 3.15, which ensured better preservation of the nutritional value of the forage, having lower levels of NDF and ADF with greater CP, IVDMD and TDN. With the advancement of maturity it is observed increases in NDF and ADF and decreases in the values of MM, CP, IVDMD and TDN. The

ensilage in the early flowering stage followed by pre-wilting has suitable conditions for fermentation and has better nutritional value.

Keywords: *Avena strigosa* S. Buffer capacity. In vitro digestibility of dry matter. pH. Crude protein.

4.3 INTRODUÇÃO

A aveia é muito utilizada para pastejo em sistema de integração lavoura pecuária no Sul do Brasil, por apresentar boa produtividade e valor nutritivo. A ensilagem desta cultura, à exemplo de outras gramíneas tropicais, surge do interesse em armazenar o excedente de forragem para substituir, ao menos parcialmente, a participação de silagens tradicionais como milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum bicolor* L.), na busca pela produção mais econômica da pecuária de corte e leite.

A ensilagem em estádios de desenvolvimento que antecedem a formação de grãos é desejável, pois o valor nutritivo reduz com o avançar da maturidade (FLOSS et al., 2003), em decorrência da elevação dos teores de compostos estruturais, tais como a celulose, hemicelulose e a lignina e, paralelamente, diminuição do conteúdo celular (VAN SOEST, 1994). No entanto, nestes estádios o teor de umidade é muito elevado, o qual, pode predispor à baixa preservação do valor nutritivo, seja pela elevada atividade em água, a qual favorece a proliferação de microrganismos indesejáveis, como os clostrídios, fermentação excessiva do material, ocorrência de proteólise e emissão de efluentes (ANDRIGUETTO et al., 2002).

A operação de pré-murchamento no campo eleva o teor de matéria seca, reduz a atividade da água, reduz ou cessa a emissão de efluente, ainda pode elevar os teores de carboidratos solúveis na matéria verde e reduzir a capacidade tampão, conferindo melhores condições para fermentação láctica e, por conseguinte maior preservação do valor nutritivo da forragem (McDONALD, 1981).

A redução no tamanho de partícula da forragem embora limite a capacidade de produção do maquinário, aumenta a compactação e expulsão do ar (NEUMANN, et al., 2007), se inferior a 20-30 mm pode favorecer a disponibilidade de carboidratos solúveis (McDONALD, 1981), pode ainda promover redução na fermentação butírica e queda mais rápida do pH do material ensilado, além de menores perdas na desensilagem (SANTOS et al., 2010). Em materiais de elevada umidade, o aumento

da densidade pode promover maiores perdas por efluentes (LOURES et al. 2003; IGARASI, 2002).

Em função de melhorar a qualidade da ensilagem em vista a garantir a melhor preservação do valor nutritivo, objetivou-se com esse trabalho avaliar o efeito do estágio fenológico, tamanho de partícula e de pré-murchamento, sobre características de fermentação e valor nutritivo da silagem de aveia preta (*Avena strigosa* S).

4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido durante o período hibernar de 2011, no município de Renascença-PR, em sucessão à cultura de sorgo safrinha para silagem. A área está localizada na região Sudoeste do Estado do Paraná, o solo é classificado como Latossolo Vermelho de textura argilosa (EMBRAPA, 2006). A análise de solo anterior ao experimento consta na tabela 5.

Tabela 5 – Caracterização química do solo anteriormente ao experimento. Renascença – PR

Camada	MO	P	K	pH	pH	Al ⁺³	H+Al	Ca	Mg	CTC
cm	g dm ⁻³	mg dm ⁻³		CaCl ₂	SMP	cmol _c dm ⁻³				
0-20	60,31	4,14	39,10	5,2	5,9	0,00	5,47	6,28	4,50	16,35

A semeadura de aveia preta, cultivar comum, foi realizada em 28 de maio de 2011, na densidade de 85 kg ha⁻¹, correspondendo a 373 sementes viáveis m⁻² de acordo com teste de germinação (BRASIL, 2009), realizada no sistema de semeadura direta com espaçamento entre fileiras de 16 cm. A adubação de base foi 16 kg de N ha⁻¹, 40 kg de P₂O₅ ha⁻¹ e 40 kg de K₂O ha⁻¹ e aplicação em cobertura de 40 kg de N ha⁻¹ na forma de ureia, no início do perfilhamento.

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, distribuídos em fatorial (3x2x2) com quatro repetições, sendo os fatores tamanho de partícula (TP): 5, 13, e 22 mm, estádios de ensilagem: início do florescimento (IF) e florescimento pleno (FP), aos 98 e 113 dias após emergência, respectivamente, e da operação de ensilagem: sem pré-murchamento (SPM) e com pré-murchamento (CPM).

O corte para ensilagem foi realizado com segadeira manual entre às 10:30 e 11:00 horas, com altura média de 18 cm acima da superfície do solo e o pré-

murchamento no campo durante 6 horas, com revolvimento da forragem a cada 2 horas. A fragmentação do material nos tamanhos definidos nos tratamentos foi realizada com colhedora de forragens modelo JF 9Z10. Posteriormente, o material foi ensilado em mini-silos de PVC de dimensões de 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, na densidade de 750 kg m^{-3} . Os mini-silos possuíam um furo de 6 mm de diâmetro no fundo, pelo qual realizou-se as coletas de efluentes, sendo as três primeiras a cada 3 dias e as demais semanais, até cessar emissão.

Aos cinco meses da ensilagem foram abertos os mini-silos, coletando amostras para procedimentos das análises laboratoriais. O pH no momento da abertura do silo foi medido conforme a metodologia de Silva e Queiroz (2006). Parte da amostra foi congelada para posterior determinação da capacidade tampão (CT), segundo metodologia de Playne e McDonald (1966) citado por Jobim et al. (2007). Outra parte foi seca em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante 72 horas para determinação do teor de matéria seca (MS), em seguida, moída em moinho tipo Wiley a 1 mm para avaliação bromatológica, sendo esta corrigida para o teor de MS na temperatura de 105°C durante 24 horas (SILVA; QUEIROZ, 2006). A matéria mineral (MM) e proteína bruta (PB) foram determinadas segundo Silva e Queiroz (2006), sendo a PB estimada indiretamente pelo método Kjeldahl. Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados por intermédio do equipamento ANKON utilizando saquinhos confeccionados de tecido TNT – 100 g m^{-2} . A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi executada segundo a metodologia de Tilley e Terry (1963) com adaptação para a utilização do rúmen artificial, desenvolvida pela ANKON (GARMAN; HOLDEN; KANE, 1997).

A matéria orgânica digestível (MOD) e os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados a partir da DIVMS conforme Kunkle e Bates (1998): $\text{MOD} = -0,664 + [1,032 (\text{DIVMS})]$, em que: MOD = Matéria orgânica digestível (%); DIVMS = Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%). $\text{NDT} = \text{MO} \{[26,8 + 0,595 (\text{MOD})]/100\}$, em que: NDT = Nutrientes digestíveis totais (%); MO = Matéria orgânica (%); MOD = Matéria orgânica digestível (%).

A determinação dessas características bromatológicas foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Dois Vizinhos. Os dados foram submetidos à análise da variância pelo

programa SAS 8.1 (SAS Institute, 2001), e quando significativos comparados teste de Duncan a 5%.

4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação ao teor de MS da silagem houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre estádio e operação de pré-murchamento e estádio e tamanho de partícula (Tabela 6). De acordo com o efeito de interação entre estádio e operação (Tabela 7) verifica-se elevação do teor de MS em ambos os estádios na operação CPM, atribuído ao efeito de perda de umidade no campo (BERTO; MÜHLBACH, 1997; PEREIRA; REIS, 2001). A elevação no teor de MS na ordem de 42,96% e 57,39% para IF e FP respectivamente, pode representar uma melhora na qualidade fermentativa da silagem, sobretudo para o IF, em que os teores são menores.

Andriguetto et al. (2002) recomendam a ensilagem com teor de MS entre 28 a 35% e Lacaz Ruiz (1992) recomenda acima de 28%. No entanto, silagens acima de 20% podem ser de boa qualidade, desde que contenham um adequado nível de substratos fermentáveis na forma de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão (McDONALD, 1981). Segundo as equações de regressão para a interação estádio e tamanho de partícula (Tabela 9) observa-se pequeno acréscimo linear para o estádio de IF e decréscimo para FP. O acréscimo no IF pode ser atribuído a redução da emissão de efluentes com o aumento do tamanho de partícula, corroborando com trabalho de Paziani et al. (2004).

A capacidade tampão sofreu efeito ($P < 0,01$) de interação entre tamanho de partícula e estádio de ensilagem, bem como foi influenciada isoladamente pelo fator operação de pré-murchamento (Tabela 6). A capacidade tampão foi reduzida em 39,32% de 87,68 para 53,20 meq NaOH 100g MS⁻¹ pela operação CPM, corroborando com trabalhos de Berto e Mühlbach (1997) em aveia preta, cujos dados mostraram que o pré-murchamento de 15,3 para 31,2% de MS reduziu a CT em 14,6%. Evangelista et al. (2004), em capim-marandu (*Brachiaria brizantha* S. cv. Marandu), verificaram diminuição de aproximadamente 1,59 meq HCl 100g MS⁻¹ para o acréscimo de cada uma hora de secagem. O pré-murchamento limita o desenvolvimento das bactérias do gênero *Clostridium*, o qual normalmente é inibido acima de 30% de MS, deste modo são reduzidas as perdas por fermentações secundárias indesejáveis, principalmente pela fermentação de açúcares, ácidos

orgânicos e proteínas, disponibilizando assim, menos íons inorgânicos para formação do sistema tampão com os ácidos orgânicos, produzidos durante o processo (McDONALD, 1981).

Tabela 6 – Quadro da análise de variância da composição bromatológica e características de fermentação de silagem de aveia preta (*Avena strigosa* S.) cultivar comum, submetida a diferentes tamanhos de partícula, estágio de ensilagem e pré-murchamento. Renascença – PR, 2011

Fontes de variação	GL	MS ¹		pH ²		CT ³		FDN ⁴		FDA ⁵	
		QM	PR > F	QM	PR > F	QM	PR > F	QM	PR > F	QM	PR > F
E ¹⁰	1	843,203	0,000	1,304	0,000	13354,675	0,000	2108,208	0,000	447,802	0,000
O ¹¹	1	1086,045	0,000	2,867	0,000	14267,824	0,000	96,248	0,000	61,903	0,000
TP ¹²	2	0,239	0,789	0,432	0,002	59,126	0,300	5,944	0,093	2,013	0,252
E*O	1	90,956	0,000	0,619	0,003	18,106	0,541	2,935	0,270	0,803	0,454
E*TP	2	7,618	0,002	0,715	0,000	290,844	0,005	0,617	0,770	0,244	0,841
O*TP	2	0,533	0,591	0,310	0,010	35,492	0,480	2,191	0,401	2,245	0,216
E*O*TP	2	0,222	0,802	0,712	0,000	135,426	0,071	6,719	0,070	3,721	0,084
MEDIA		25,241		3,396		70,439		62,427		40,266	
CV		4,289		7,149		9,777		2,450		2,942	

Fontes de variação	GL	PB ⁶		MM ⁷		DIVMS ⁸		NDT ⁹	
		QM	PR > F	QM	PR > F	QM	PR > F	QM	PR > F
E	1	487,050	0,000	42,150	0,000	1363,094	0,000	296,510	0,000
O	1	47,203	0,000	0,013	0,306	193,965	0,000	59,809	0,000
TP	2	0,069	0,910	0,008	0,516	8,407	0,160	2,426	0,175
E*O	1	2,367	0,080	0,002	0,681	0,698	0,691	0,168	0,724
E*TP	2	0,086	0,889	0,034	0,079	1,952	0,642	0,578	0,650
O*TP	2	0,508	0,505	0,014	0,344	0,497	0,892	0,126	0,910
E*O*TP	2	0,532	0,490	0,003	0,784	11,305	0,088	3,529	0,084
MEDIA		15,369		7,362		36,149		44,723	
CV		5,562		1,512		5,772		2,575	

¹Matéria seca da silagem, ²Potencial de Hidrogênio, ³Capacidade tampão (meq de NaOH (0,1 N) para elevar o pH de 4,0 para 6,0 100g MS⁻¹), ⁴Fibra em detergente neutro, ⁵Fibra em detergente ácido, ⁶Proteína bruta, ⁷Matéria mineral, ⁸Digestibilidade in vitro da matéria seca, ⁹Nutrientes digestíveis totais, ¹⁰Estádio, ¹¹Operação, ¹²Tamanho de partícula.

A interação entre tamanho de partícula e estágio de ensilagem (Tabela 9) mostra redução linear no estágio de IF, em contrapartida é elevada linearmente no FP. Este efeito está condicionado à relação inversa ao teor de MS, como descrito acima.

O estágio influenciou (P<0,01) a CT, apresentando redução de 38,30% no estágio de FP quando comparado com IF (87,12 vs. 53,76 meq NaOH 100g MS⁻¹)

(Tabela 8) pode ser explicado pela redução dos teores de ácidos orgânicos com a maturidade da planta (VAN SOEST, 1994) e uma possível redução nas bases inorgânicas (potássio e cálcio), uma vez que reduziu também os teores de MM. Floss et al. (2003) também encontraram redução linear nos teores de cálcio e potássio com a maturidade de aveia branca.

Tabela 7 – Efeito de interação Estádio*Operação para teor de MS e pH de silagem de aveia preta (*Avena strigosa* S.) cultivar comum, submetida a diferentes tamanhos de partícula, estágio de ensilagem e pré-murchamento. Renascença – PR, 2011

Variável		MS ¹		pH ²	
		IF ³	FP ⁴	IF	FP
Operação	SPM ⁵	17,04 b	23,14 b	3,36 a	3,92 a
	CPM ⁶	24,36 a	36,42 a	3,10 b	3,20 b

¹Matéria seca, ²Potencial de Hidrogênio, ³Início do florescimento, ⁴Florescimento pleno, ⁵Sem pré-murchamento, ⁶Com pré-murchamento.

*Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

A CT observada foi considerada elevada, o que não é desejável, uma vez que demanda uma produção maior de ácidos para reduzir o pH até alcançar a estabilidade do ensilado, principalmente com relação às médias dos tratamentos IF e SPM com valores acima de 87 meq NaOH 100g MS⁻¹, valores bem acima dos encontrados por Meinerz et al. (2011) para aveia branca UPF 18 no estágio de grão pastoso, de 14,72 meq NaOH 100g MS⁻¹, e próximos ao de triticale (*Secale cereale* L.) em grão farináceo, de 71,93 meq NaOH 100g MS⁻¹ (BUMBIERIS Jr. et al., 2010).

Tabela 8 – Composição bromatológica e características de fermentação referente aos fatores estágio e operação sem efeito de interação para silagem de aveia preta (*Avena strigosa* S.) cultivar comum. Renascença – PR, 2011

Fator		CT ¹	FDN ²	FDA ³	PB ⁴	MM ⁵	DIVMS ⁶	NDT ⁷
Estádio	IF ⁸	87,12 a	55,80 b	37,21 b	18,55 a	8,30 a	41,48 a	47,21 a
	FP ⁹	53,76 b	69,05 a	43,32 a	12,18 b	6,43 b	30,82 b	42,24 b
Operação	SPM ¹⁰	87,68 a	63,84 a	41,40 a	14,38 b	7,38 ns	34,14 b	43,61 b
	CPM ¹¹	53,20 b	61,01 b	39,13 b	16,36 a	7,35	38,16 a	45,84 a

¹Capacidade tampão (meq de NaOH (0,1 N) para elevar o pH de 4,0 para 6,0 100g MS⁻¹), ²Fibra em detergente neutro, ³Fibra em detergente ácido, ⁴Proteína bruta, ⁵Matéria mineral, ⁶Digestibilidade in vitro da matéria seca, ⁷Nutrientes digestíveis totais, ⁸Início do florescimento, ⁹Florescimento pleno, ¹⁰Sem pré-murchamento, ¹¹Com pré-murchamento.

*Médias seguidas de letras distintas na coluna para cada fator diferem entre si pelo teste de Duncan ao nível de 5% de significância.

O pH foi influenciado por todos os fatores e suas interações ($P < 0,01$) (Tabela 6). As equações de regressão para as interações do TP (Tabela 9) mostram decréscimo linear do pH. Resultados distintos foram encontrados em silagem de capim tanzânia (*Panicum maximum*, J. cv. Tanzânia), com menor pH para silagem de menor tamanho de partícula, 4,99 e 5,11 para tamanho médio das partículas de 2,84 e 5,94 cm, respectivamente (LOURES et al. 2005) e 4,39 e 4,50 para menor e maior tamanho, obtido pela máxima variação da regulagem na colhedora de forragens, respectivamente (IGARASI, 2002).

Nos trabalhos mencionados acima, foi utilizado colhedoras de forragens de duplo corte, a qual realiza o ajuste de tamanho de partícula pelo distanciamento da contra-faca em relação à faca, apresentando grande variação no tamanho de partícula, o qual foi avaliado de acordo com a metodologia “Penn State Particle Size Separator”, proposta por Lammers, Buckmaster e Heinrichs (1996), a qual apresentou pouca sensibilidade para caracterizar diferenças na dimensão de partículas (IGARASI, 2002). Atribuem este efeito pela melhor compactação devido ao menor tamanho de partícula, que alterou a densidade da silagem. A melhor compactação permite que a fase aeróbica no processo de fermentação seja reduzida.

Por outro lado, no presente estudo o efeito da compactação foi isolado, utilizando a mesma para todos os tratamentos, com isso não houve efeito de compactação no pH da silagem. Também não é possível afirmar a tendência de redução no pH pela variação numérica de baixa magnitude e dado aos coeficientes de determinação ajustado serem pouco expressivos. Neumann et al. (2005) ensilando sorgo, não encontrou efeito do tamanho de partícula sob o pH da silagem.

O efeito de interação entre estágio e operação (Tabela 7), mostra menores valores para o CPM, o qual está associado à menor CT nesta operação (Tabela 8), corroborando com trabalho de Berto e Mühlbach (1997). As frações fibrosas de FDN e FDA foram afetadas ($P < 0,01$) somente pelos fatores estágio e operação de pré-murchamento, sem efeito de interação (Tabela 6). Os teores se elevaram com a maturidade da planta de 55,80 para 69,05% para FDN e de 37,21 para 43,32% para FDA nos tratamentos IF e FP, respectivamente. Os teores de FDN e FDA obtidos neste trabalho são próximos ao encontrado por Floss et al. (2003) no momento da ensilagem, o que é atribuído ao avanço da maturidade da aveia, no entanto, houve elevação mais acentuada do estágio de IF para FP, pois de acordo com a equação

proposta pelos autores, teríamos FDN de 57,89 e 62,44% e FDA de 38,59 e 42,10%, para IF e FP, respectivamente.

Tabela 9 – Médias e equações de regressão para composição bromatológica e características de fermentação referente ao fator tamanho de partícula e respectivas interações para silagem de aveia preta (*Avena strigosa* S.) cultivar comum. Renascença – PR, 2011

Variáveis	Níveis	Equação de regressão	r ²
MS ¹	IF ¹⁰	19,602 + 0,0826 X	0,99
	FP ¹¹	31,007 - 0,0922 X	0,88
pH ²	IF	3,291 - 0,0045 X	0,25
	FP	3,770 - 0,0157 X	0,15
	SPM ¹²	3,739 - 0,0074 X	0,05
	CPM ¹³	3,322 - 0,0128 X	0,99
CT ³	IF	94,929 - 0,5858 X	0,89
	FP	50,615 + 0,2358 X	0,23
FDN ⁴		62,42	
FDA ⁵		40,26	
PB ⁶		15,37	
MM ⁷		7,36	
DIVMS ⁸		36,15	
NDT ⁹		44,72	

¹Matéria seca da silagem, ²Potencial de Hidrogênio, ³Capacidade tampão (meq de NaOH (0,1 N) para elevar o pH de 4,0 para 6,0 100g MS⁻¹), ⁴Fibra em detergente neutro, ⁵Fibra em detergente ácido, ⁶Proteína bruta, ⁷Matéria mineral, ⁸Digestibilidade in vitro da matéria seca, ⁹Nutrientes digestíveis totais, ¹⁰Início do florescimento, ¹¹Florescimento pleno, ¹²Sem pré-murchamento, ¹³Com pré-murchamento.

A operação de pré-murchamento reduziu significativamente (P<0,01) os teores de FDN e FDA, de 63,84 para 61,01% para FDN e de 41,40 para 39,13% para FDA na média dos tratamentos SPM e CPM, respectivamente. Esta redução pode ser atribuída à perda de efluentes no tratamento SPM, carreando substâncias solúveis em quantidade suficiente para elevar a proporção das frações fibrosas. O efeito do pré-murchamento proporcionou melhores condições para fermentação e estabilidade do ensilado, com menores perdas do valor nutritivo, enquanto para o SPM, a ocorrência de fermentações secundárias indesejáveis, degradação de proteínas e outros compostos, os quais elevaram a CT (Tabela 6), possivelmente foram responsáveis por elevar a proporção das frações fibrosas FDN e FDA. Foi utilizado para ambos os tratamentos a densidade de 750 kg m³ na matéria original, para a operação SPM, com maior umidade, possivelmente manteve maior presença

de oxigênio, com isso a fase aeróbica de fermentação pode ter sido mais acentuada, prejudicando ainda mais o processo fermentativo.

Resultados semelhantes foram encontrados por Loures et al. (2005), com redução nos teores de FDN e FDA na silagem com pré-murchamento de capim-tanzânia. Redução apenas na fração de FDA foi encontrada por Coan et al. (2001) em silagens de aveia preta, amarela e triticale e Tavares et al. (2009) em capim-tanzânia.

A PB foi influenciada ($P < 0,01$) também de maneira isolada pelos fatores estádio e operação, sem haver interação (Tabela 6). Houve redução de 34,3% (18,55 vs. 12,18%) na PB do estádio FP em relação ao IF (Tabela 8), em decorrência da maturidade da planta (FLOSS et al. 2003). A operação de pré-murchamento foi responsável por preservar melhor as características da forragem, uma vez que o tratamento SPM apresentou perdas de 12,10% na PB quando comparado ao CPM (14,38 vs. 16,36%, respectivamente). Isso demonstra a ocorrência de proteólise, com degradação excessiva da PB. Corroborando com isso, Berto e Mühlbach (1997), encontraram redução de 22% no teor de PB, o que foi associado à lixiviação do N na massa ensilada por emissão de efluentes.

A fração de MM foi afetada ($P < 0,01$) apenas pelo fator estádio (Tabela 6), com redução no teor de 8,30 para 6,43% nos tratamentos IF e FP, respectivamente (Tabela 8). A redução foi em decorrência do desenvolvimento fisiológico da planta, com perda ou diluição dos nutrientes na massa total de forragem. Redução com o avanço da maturidade também é relatada por Floss et al. (2007).

A DIVMS foi alterada significativamente ($P < 0,01$) apenas pelos fatores estádio e operação de pré-murchamento, sem efeito de interação (Tabela 6). Houve redução de 25,7% na DIVMS (41,48 vs. 30,82) para o estádio de IF com relação ao FP, respectivamente (Tabela 8). Esta redução está associada à elevação dos teores de compostos estruturais, tais como a celulose, hemicelulose e a lignina e, paralelamente, diminuição do conteúdo celular (VAN SOEST, 1994). Floss et al. (2003) visualizaram redução com o avanço da maturidade da planta, cuja equação estimaria valores de 53,05 e 45,72% para o estádio de início do florescimento e florescimento pleno, respectivamente para aveia branca no momento da ensilagem. A operação de pré-murchamento elevou em 11,77% a DIVMS (34,14 vs. 38,16) para o SPM comparado com o CPM, este efeito é atribuído às menores frações de FDN e FDA e maior teor de PB para este tratamento.

O NDT seguiu a mesma tendência da DIVMS, sendo influenciado apenas pelos fatores estádio e operação isoladamente (Tabela 6), apresentando redução com o avanço da maturidade de 47,21 para 42,24% no estádio de IF e FP, respectivamente, sendo que o pré-murchamento elevou o NDT de 43,6 para 45,84% quando comparado ao sem pré-murchamento (Tabela 8).

A produção de efluentes ocorreu apenas no estádio de IF sem a operação de pré-murchamento (Tabela 10). O teor de MS médio da silagem neste tratamento foi de 17,04% e a produção média de efluentes de 80,98 L t⁻¹, sem diferença significativa entre os tamanhos de partícula. Haigh (1999) analisou uma série de experimentos com azevém (*Lolium multiflorum* L.) em cultivo solteiro ou consorciado com trevo (*Trifolium repens* L.), criando uma equação para estimar o volume de perdas efluentes, sendo, $\text{efluente} = e^{(12,983-0,051*MS)}$, $r^2 = 0,644$, em que efluente (L t⁻¹) e MS (g kg⁻¹). Sendo a MS de 17,04%, a equação estimaria 73,16 L t⁻¹, pouco abaixo da média observada, demonstrando uma produção um pouco superior às demais espécies forrageiras usadas no modelo.

Tabela 10 – Produção de efluentes na ensilagem de aveia preta (*Avena strigosa* S.) cultivar comum, no estádio de início do florescimento sem pré-murchamento. Renascença – PR, 2011

Variável	Tamanho de partícula (mm)			Média	CV (%)
	5	13	22		
MS (%)	16,49 ^{ns}	17,07	17,58	17,04	4,6
Efluente (L t ⁻¹)	72,07 ^{ns}	95,17	75,69	80,98	19,8

^{ns} Não significativo.

A perda de efluentes não é desejável na ensilagem, pois carrega substâncias digestíveis, reduzindo o valor nutritivo da silagem, além de que perdas, principalmente de carboidratos solúveis, pode prejudicar ainda mais a fermentação da silagem (McDONALD, 1981). Possui elevada demanda bioquímica de oxigênio, o qual demanda silos revestidos para coleta, produz odor desagradável e pode contribuir na proliferação de insetos, o que não é desejável nas proximidades principalmente de instalações de produção leiteira.

4.6 CONCLUSÃO

O tamanho de partícula altera apenas o pH da forragem de aveia preta ensilada, sem efeitos na qualidade bromatológica da silagem produzida.

A operação de pré-murchamento é eficiente em restringir a produção de efluentes no início do florescimento. Também confere à silagem melhores condições de fermentação, com CT e pH mais baixos.

Com base no valor nutritivo, a ensilagem no estágio de início do florescimento com pré-murchamento apresenta maiores teores de PB, DIVMS e NDT, ao passo que apresenta menores teores de FDN e FDA.

4.7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGUETTO, J.M. et al. **Nutrição animal**: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos. v. 1. São Paulo: Nobel, 2002. 395 p.

BERTO, J.L.; MÜHLBACH, P.R.F. Silagem de aveia preta no estágio vegetativo, submetida à ação de inoculantes e ao efeito do emurchecimento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 26, n. 4, p. 651-658, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

BUMBIERIS Jr., V.H. et al. Aerobic stability of triticale silage in single culture or in mixtures with oat and/or legumes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, n. 11, p. 2349-2356, nov. 2010.

COAN, R.M. et al. Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchecimento e ao uso de aditivos. **ARS Veterinária**, v. 17, n.1, p. 58-63, 2001.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

EVANGELISTA, A.R. et al. Produção de silagem de Capim-marandu (*Brachiaria brizantha* Stapf cv. Marandu) com e sem emurchecimento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 2, p. 443-449, mar/abr., 2004.

FLOSS, E.L. et al. 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.

FLOSS, E.L. et al. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v. 29, n. 1, p. 1-7, 2007.

- GARMAN, C.L.; HOLDEN, L.A.; KANE, H.A. Comparison of in vitro dry matter digestibility of nine feedstuffs using three methods of analysis. **Journal of Dairy Science**, v. 80 (supplement 1), 1997.
- HAIGH, P.M. Effluent production from Grass silages treated with additives and made in large-scale bunker silos. **Grass and Forage Science**, v. 54, p. 208-218, 1999.
- IGARASI, Maurício S. **Controle de perdas na ensilagem de capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. Cv. Tanzânia) sob os efeitos do teor de matéria seca, do tamanho de partícula, da estação do ano e da presença do inoculante bacteriano**. 2002. 132 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Escola Superior de Agronomia “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- JOBIM, C.C. et al. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, suplemento especial, p. 101-119, 2007.
- KUNKLE, W.E.; BATES, D.B. **Evaluating feed purchasing options: energy, protein, and mineral supplements**. In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE, 1998, Gainesville. Proceedings... Gainesville: University of Florida, p. 59-70, 1998.
- LACAZ RUIZ, R. **Microbiologia Zootécnica**. São Paulo: Roca, 1992. 314 p.
- LAMMERS, B.P.; BUCKMASTER, D.R.; HEINRICHS, A.J. A simple method for the analysis of particle sizes of forage and total mixed rations. **Journal of Dairy Science**, v. 79, n. 5, 1996.
- LOURES, D.R.S. et al. Características do efluente e composição químico-bromatológica da silagem de capim-elefante sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 6, p. 1851-1858, 2003.
- LOURES, D.R.S. et al. Composição Bromatológica e Produção de Efluente de Silagens de Capim-Tanzânia sob Efeitos do Emurchecimento, do Tamanho de Partícula e do Uso de Aditivos Biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 3, p. 726-735, 2005.
- McDONALD, P. **The biochemistry of silage**. New York: John Wiley & Sons Ltda., 1981. 218 p.
- MEINERZ, G.R. et al. Silagem de cereais de inverno submetidos ao manejo de duplo propósito. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 10, p. 2097-2104, 2011.
- NEUMANN, M. et al. Efeito do tamanho de partícula e do tipo de silo sobre o valor nutritivo da silagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 2, p. 224-242, 2005.
- NEUMANN, M. et al. Ensilagem de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes alturas de corte e tamanho de partícula: produção, composição e utilização na terminação de

bovinos em confinamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 6, n. 3, p. 379-397, 2007.

PAZIANI, S.F. et al. Efeito do tamanho de partícula, teor de matéria seca e inoculante bacteriano sobre as propriedades físicas e controle de perdas em silagens de capim Tanzânia. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., 2004, Campo grande. **Anais...** Campo Grande: SBZ, 2004. 5 p.

PEREIRA, J.R.A.; REIS, R.A. Produção de silagem pré-secada com forrageiras temperadas e tropicais. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, 2001, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. 319 p.

SANTOS, M.V.F. et al. Fatores que afetam o valor nutritivo da silagens de forrageiras tropicais. **Archivos de Zootecnia**, n. 59, p. 25-43, 2010.

SAS INSTITUTE. **SAS user's guide: Statistics**. Ver. 8.1; Cary, North Carolina, USA, 2001.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.

TAVARES, V.B. et al. Efeitos da compactação, da inclusão de aditivo absorvente e do emurchecimento na composição bromatológica de silagens de capim-tanzânia. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 1, p. 40-49, 2009.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A ensilagem de aveia apresenta-se como uma alternativa viável para conservação de forragem, entretanto, é recomendada para rebanhos e categorias de menor exigência energética, em decorrência do valor nutritivo e estimativa de consumo mais baixos na comparação com a silagem de milho.

A adubação nitrogenada, de modo geral, melhora a qualidade da silagem de forragens, pois promove aumento na PB e redução nos teores de FDN e FDA, sem alterar a CT do material ensilado.

A ensilagem no estágio de início de florescimento apresenta melhor valor nutritivo na comparação com o florescimento pleno, entretanto demanda pré-murchamento, o qual confere melhores condições para fermentação e preservação do valor nutritivo.

Novos estudos devem ser desenvolvidos para definir teor de umidade específico para ensilagem desta cultura, bem como mensurar a viabilidade econômica do pré-murchamento.