

Silagem de aveia branca em função da adubação nitrogenada e pré-murchamento¹

Silage of white oat under nitrogen fertilization and pre-wilting

Gustavo Zamarchi²; Paulo Sergio Pavinato^{3*};
Luis Fernando Glasenapp Menezes⁴; Thomas Newton Martin⁵

Resumo

A conservação da forragem na forma de silagem é uma forma de fornecer volumoso de qualidade em épocas de baixa oferta de pastagem, com isso, objetivou-se avaliar o efeito do pré-murchamento e da adubação nitrogenada nos parâmetros fermentativos e valor nutritivo da silagem de aveia branca, em dois estádios de colheita. O experimento foi conduzido em 2011, na UTFPR, Dois Vizinhos-PR, em delineamento de blocos ao acaso com esquema bifatorial com três repetições. Os tratamentos principais foram seis doses de nitrogênio: 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha⁻¹, e os secundários foram estádios de corte para ensilagem: início do florescimento com e sem pré-murchamento, e florescimento pleno sem pré-murchamento. Foi observado que a adubação nitrogenada promove redução no pH e no teor de material mineral da silagem de aveia, reduzindo os teores de fibras e elevando os de proteína bruta (PB), quando confeccionada no início do florescimento. O efeito de pré-murchamento no início de florescimento inibe a produção de efluentes e apresenta maiores teores de PB, sem efeito sobre os parâmetros de fermentação e de valor nutritivo. A ensilagem no estádio de florescimento pleno apresenta melhores padrões de fermentação, com pH e capacidade tampão menores, porém com menor valor nutritivo.

Palavras-chave: *Avena sativa*, capacidade tampão, digestibilidade, pH da silagem, proteína bruta

Abstract

The forage conservation as silage is a way to provide good quality forage during grazing scarcity periods, in this way, the objective was to evaluate the effect of pre-wilting and nitrogen fertilization on the fermentation characteristics and nutritive value of white oat silage, in two harvest stages. The experiment was conducted in 2011 at UTFPR, Dois Vizinhos-PR, Brazil. The experimental design was in a randomized blocks with two factorial arrangement and three replicates. The main treatments were six nitrogen doses: 0, 40, 80, 120, 160 and 200 kg ha⁻¹, and secondary the stages of cutting for silage: early flowering with and without pre-wilting, and at blooming without pre-wilting. It was observed that nitrogen fertilization promoted a reduction in pH and mineral content of the silage, reducing fiber content and increasing crude protein content (CP), when made at oat early flowering. The effect of pre-wilting in early flowering inhibits the production of effluents and has higher levels of CP, without any effect on the fermentation and nutritional value. The silage at blooming stage features better standards of fermentation, with lower pH and buffering capacity, but with lower nutritional value.

Key words: *Avena sativa*, buffering capacity, digestibility, silage pH, crude protein

¹ Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

² Discente do PPG em Zootecnia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR, Dois Vizinhos, PR. E-mail: gustavo_zamarchi@hotmail.com

³ Prof., Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP/ESALQ, Piracicaba, SP. E-mail: pavinato@usp.br

⁴ Prof., UTFPR, Dois Vizinhos, PR. E-mail: lfglasenapp@gmail.com

⁵ Prof., Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Santa Maria, RS. E-mail: martin.ufsm@gmail.com

* Autor para correspondência

Introdução

A silagem 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 proporcionam condições adequadas à conservação, preservando o valor nutritivo (PEREIRA; REIS, 2001). 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 adequado nível de substratos fermentescíveis na forma de carboidratos solúveis, baixa capacidade tampão e teor de massa seca acima de 20% (McDONALD, 1981).

A ensilagem de gramíneas forrageiras, sejam elas de clima tropical ou temperado, é uma alternativa para fornecimento de volumoso de qualidade em períodos de baixa oferta de pasto no campo. O interesse em armazenar o excedente de forragem surgiu da demanda em substituir, ao menos parcialmente, a participação de silagens tidas como tradicionais como milho e sorgo, que apresentam custo superior por unidade de matéria seca. 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. No entanto, a ensilagem de aveia, principalmente quando realizada em estádios iniciais de desenvolvimento vegetativo, apresenta algumas propriedades que podem afetar negativamente a qualidade final do ensilado, como umidade elevada e alta capacidade tampão, aliada à baixos teores de carboidratos solúveis (COAN et al., 2001), quando comparado ao milho ou sorgo.

A fertilidade do solo tem papel importante na produção de forragens, sendo que para a obtenção de alta 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 ciclo muito curto no solo, sendo muitas vezes perdido por lixiviação, erosão, volatilização e/ou desnitrificação (MARTHA JÚNIOR et al., 2004). A disponibilidade de nitrogênio 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 nitrogênio na sua fitomassa, ou seja, proteína bruta (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, objetivou-se avaliar o efeito do pré-murchamento e da adubação nitrogenada nos parâmetros fermentativos e valor nutritivo da silagem de aveia branca, em dois estádios de colheita.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido durante o período invernal de 2011, na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos – PR, em sucessão à cultura de milho. A área está localizada na região Sudoeste 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). A análise química do solo antecedendo a instalação do experimento apresentava os seguintes valores para as camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente: $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ 5,4 e 5,3; MO: 41,6 e 33,5 g dm^{-3} ; $\text{P}_{\text{Mehlich}}$: 5,74 e 4,20 mg dm^{-3} ; K: 1,13 e 0,5 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Ca: 6,25 e 4,77 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; Mg: 3,92 e 3,65 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$; H+Al: 4,28 e 4,61 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$ e CTC: 13,58 e 13,53 $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados em esquema fatorial 6 x 3 com parcelas subdivididas, com três repetições. Os tratamentos principais foram a doses de N: 0, 40, 80, 120, 160 e 200 kg ha^{-1} . As parcelas principais

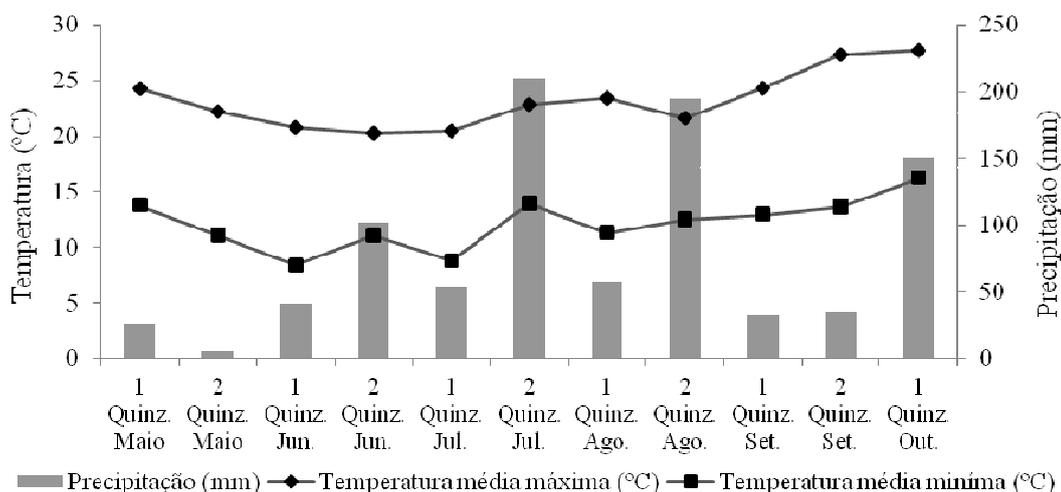
foram dimensionadas de 10 x 8 m e subdivididas em faixas de 3,33 x 8 m para os tratamentos secundários, que foram os diferentes estádios de corte para ensilagem: início do florescimento sem (IFSPM) e com pré-murchamento de seis horas no campo (IFCPM), e florescimento pleno sem pré-murchamento (FPSPM), aos 80 e 96 dias após a emergência, respectivamente.

A semeadura da aveia branca (*Avena sativa*), cultivar URS Guapa, foi em 25/05/2011 na densidade de 100 kg ha⁻¹ de sementes, com viabilidade média de 80%, 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, 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 as mesmas aplicadas na semeadura, no início do perfilhamento e na emissão da 6ª folha do colmo principal.

Os dados de precipitação, temperatura médias das máximas e mínimas durante a condução do experimento foram coletados na estação meteorológica localizada próxima a área experimental, e constam na figura 1. Não houve longos períodos sem precipitações pluviométricas no ciclo da cultura, de forma que não limitou o desenvolvimento, embora tenham ocorrido precipitações acima da média na segunda quinzena de julho e agosto.

Figura 1. Precipitação pluviométrica e médias de temperatura máxima e mínima durante o período de condução do experimento no campo.



Fonte: Elaboração dos autores.

O corte para ensilagem foi realizado manualmente a 18 cm acima da superfície do solo, picado em colhedora de forragens para silagem, modelo JF 9Z10, no tamanho médio de 11 mm. Posteriormente, uma massa conhecida desse material foi compactada manualmente, com auxílio de bastões, em tubos de PVC de dimensões de 50 cm de altura e 10 cm de diâmetro, chamados de mini-silos, correspondente à

densidade de 750 kg de massa verde m⁻³. Os mini-silos foram perfurados na base para realização das coletas de efluentes durante a fermentação, sendo as três primeiras coletas realizadas a cada três dias e as demais semanalmente, até cessar a emissão. Mantinha-se vedado com fita nos intervalos de coleta de efluentes.

Aos cinco meses da ensilagem foram abertos os mini-silos e coletou-se amostras de 500 g do material para procedimentos das análises laboratoriais. O pH no momento da abertura do silo foi medido conforme a metodologia descrita em Silva e Queiroz (2006). Parte da amostra foi congelada para posterior determinação da capacidade tampão (CT), segundo metodologia descrita em 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 Willey a 1 mm para avaliação bromatológica. O teor de MS foi posteriormente corrigido a temperatura de 105°C durante 24 horas.

A análise bromatológica da silagem, incluindo a determinação do material mineral (MM), extrato etéreo (EE), proteína bruta (PB), proteína insolúvel em detergente neutro (PIDN) e proteína insolúvel em detergente ácido (PIDA), foram determinadas pela metodologia descrita em Silva e Queiroz (2006). As fibras em detergente neutro (FDN) e em detergente ácido (FDA) foram determinadas por intermédio do equipamento ANKON utilizando saquinhos confeccionados com malha TNT – 100 g m⁻², também descritas em Silva e Queiroz (2006). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) foi determinada segundo a metodologia descrita por Tilley e Terry (1963) com adaptação para a utilização do rúmen artificial, desenvolvida pela ANKON (GARMAN; HOLDEN; KANE, 1997). Os nutrientes digestíveis totais (NDT) foram estimados a partir da DIVMS conforme Kunkle e Bates (1998): $NDT = MO \{ [26,8 + 0,595 (MOD)] / 100 \}$, e $MOD = -0,664 + [1,032 (DIVMS)]$, em que: MO = Matéria orgânica (%) e MOD = Matéria orgânica digestível.

As determinações foram realizadas no Laboratório de Bromatologia da UTFPR, Campus Dois Vizinhos. Os dados foram submetidos à análise da variância pelo programa SAS 8.1 e quando significativos foram ajustadas curvas de regressão para doses de N e teste Tukey a 5% para períodos de confecção da silagem.

Resultados e Discussão

O efeito isolado da adubação nitrogenada sobre os teores de MS no momento da ensilagem da aveia branca foram significativos (Tabela 1), mas não houve ajuste satisfatório de linha de tendência até terceiro grau, sendo apresentado somente a média, de 22,28% (Tabela 2). Ainda, não foi observada interação entre dose de N e estágio de ensilagem para este parâmetro. O estágio de ensilagem alterou o teor de MS da aveia, uma vez que aumentou conforme o avanço do ciclo da cultura (Tabela 1). No mesmo sentido Oliveira et al. (2010), relatam 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 18,82 para 24,64% após 6 horas de exposição ao sol no campo, sendo superior que a MS no estágio de florescimento pleno (FPSPM), com 23,39% (Tabela 1). As condições climáticas médias durante o período de murchamento foram favoráveis, sendo: 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 (Figura 1). Somado a isso, a forragem foi revolvida e distribuída manualmente de maneira uniforme na área de corte da parcela, em períodos de duas horas. Em ambos os estágios de ensilagem, a MS não alcançou a faixa indicada com ideal para silagem de milho e sorgo, de 28 a 35% (ANDRIGUETTO et al., 2002) e de 35 a 45% para cereais pré-secados (PEREIRA; REIS, 2001). No entanto, silagens acima de 20% podem ser de boa qualidade, desde que contenham adequado teor de substratos fermentescíveis na forma de carboidratos solúveis e baixa capacidade tampão (McDONALD, 1981).

Tabela 1. Médias observadas e análises dos parâmetros bromatológicos e padrões de fermentação da silagem de aveia branca submetida a doses de nitrogênio e estágio de corte.

Variáveis	Doses de N (kg ha ⁻¹)						Estádio			CV (%)	Efeito e interação		
	0	40	80	120	160	200	IFSPM ^π	IFCPM ^π	FPSPM ^π		E	N	N*E
MS (%) ¹	22,7	22,9	22,1	22,3	20,9	22,8	18,8 c	24,6 a	23,4 b	4,7	**	**	ns
Efluente ²	18,9	28,2	32,2	42,5	51,7	30,5	34,0	-	-	27,4	-	*	-
CT ³	78,8	79,5	81,7	70,4	63,7	61,3	84,5 a	78,0 a	55,3 b	23,7	**	ns	ns
pH ⁴	4,13	4,01	4,21	3,76	3,50	3,55	3,95 a	4,27 a	3,37 b	12,8	**	*	ns
FDN (%MS) ⁵	68,2	68,2	66,9	64,5	61,6	62,8	65,5 ab	63,9 b	66,7 a	4,7	*	**	*
FDA (%MS) ⁶	39,2	38,3	38,8	37,3	35,6	36,3	37,9 ab	36,6 b	38,4 a	4,9	*	**	*
MM (%MS) ⁷	8,21	7,96	8,24	7,91	7,81	7,60	8,62 a	8,66 a	6,59 b	5,5	**	*	ns
EE (%MS) ⁸	3,27	3,31	3,43	3,29	3,19	3,21	3,85 a	3,67 a	2,34 b	7,2	**	ns	ns
PB (%MS) ⁹	13,1	13,5	14,2	15,6	16,7	16,0	15,0 b	16,5 a	13,0 c	8,8	**	**	*
PIDN (%MS) ¹⁰	3,20	3,17	3,54	3,68	3,38	3,63	3,28 b	3,65 a	3,38 ab	9,9	**	**	*
PIDA (%MS) ¹¹	2,10	2,12	2,38	2,57	2,63	2,68	2,49	2,45	2,3	7,3	ns	**	*
DIVMS (%MS) ¹²	39,9	39,9	40,1	41,0	43,6	42,2	42,0 a	43,2 a	38,2 b	9,3	**	ns	ns
NDT (%MS) ¹³	46,8	46,9	46,9	47,6	49,1	48,4	47,9	48,3	46,6	4,6	ns	ns	ns

^πIFSPM: 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.

¹Matéria seca na ensilagem, ²Efluente (L t⁻¹) avaliado isoladamente, uma vez que ocorreu apenas em um estágio, ³Capacidade tampão (meq de NaOH (0,1 N) para elevar o pH de 4,0 para 6,0 (eq mg 100g MS⁻¹), ⁴Potencial de Hidrogênio, ⁵Fibra em detergente neutro, ⁶Fibra em detergente ácido, ⁷Matéria mineral, ⁸Extrato etéreo, ⁹Proteína bruta, ¹⁰Proteína insolúvel em detergente neutro, ¹¹Proteína insolúvel em detergente ácido, ¹²Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, ¹³Nutrientes digestíveis totais.

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

ns: não significativo, *(P<0,05), **(P<0,01) pela análise da variância.

Fonte: Elaboração dos autores.

De modo geral, durante o período invernal 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, o que pode prejudicar o processo de pré-murchamento do material a ser ensilado. Exemplo disso é o trabalho de Berto e Mühlbach (1997), que necessitaram de 26 horas de murchamento no campo para elevar o teor de MS de 15,3 para 31,2%. Além disso, quando o material permanece por mais de um dia no campo aumentam os riscos de perdas por condições climáticas e ainda torna o manejo mais trabalhoso e caro. Há 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 excretado é influenciado principalmente pelo teor de MS do material ensilado, no entanto, outros fatores como tipo de

siló, intensidade de compactação e o processamento físico da forragem afetam a taxa e o volume final. A produção de efluentes ocorreu apenas no estágio de início do florescimento sem pré-murchamento (IFSPM), o qual possuía a menor MS, de 18,82% (Tabela 1). Para os estádios início do florescimento com pré-murchamento (IFCPM) e florescimento pleno sem pré-murchamento (FPSPM) com 24,64 e 23,39% de MS, respectivamente, não houve perda de efluentes durante o período de avaliação. McDonald (1981) observou pouca formação de efluente com teor de MS na forragem de 25%, não sendo mais observado com 29% de MS, Loures et al. (2005) também observaram pouca produção de efluentes após o pré-murchamento de *Panicum maximum* cv. Tanzânia de 18 para 22% de MS. Quanto ao efeito da dose de N, a emissão de efluentes foi influenciada de forma quadrática (Tabela 2), com máxima produção estimada em 42,43 L t⁻¹ quando sob 133,4 kg de N ha⁻¹.

Tabela 2. Médias e/ou equações de regressão para os parâmetros bromatológicos da silagem de aveia branca submetida a doses de nitrogênio e estágio de corte.

Variáveis	Estádio	Equação de regressão	r ²	P
MS (%) ¹		$\bar{X} = 22,28$		
Efluente ²		$\hat{Y} = 16,27 + 0,3922x - 0,00147x^2$	0,72	*
CT ³		$\bar{X} = 72,58$		
pH ⁴		$\hat{Y} = 4,21143 - 0,00348x$	0,75	**
	IFSPM ^π	$\hat{Y} = 69,60635 - 0,04129x$	0,83	**
FDN (%MS) ⁵	IFCPM ^π	$\hat{Y} = 70,34587 - 0,06415x$	0,80	**
	FPSPM ^π	$\bar{X} = 66,69$		
	IFSPM	$\hat{Y} = 40,2146 - 0,02334x$	0,65	**
FDA (%MS) ⁶	IFCPM	$\hat{Y} = 39,54921 - 0,02993x$	0,88	**
	FPSPM	$\bar{X} = 38,36$		
MM (%MS) ⁷		$\hat{Y} = 8,23190 - 0,00275x$	0,72	*
EE (%MS) ⁸		$\bar{X} = 3,28$		
	IFSPM	$\hat{Y} = 12,49841 + 0,02514x$	0,79	**
PB (%MS) ⁹	IFCPM	$\hat{Y} = 13,85619 + 0,02645x$	0,90	**
	FPSPM	$\bar{X} = 13,04$		
	IFSPM	$\bar{X} = 3,28$		
PIDN (%MS) ¹⁰	IFCPM	$\hat{Y} = 3,20159 + 0,00448x$	0,52	**
	FPSPM	$\bar{X} = 3,38$		
	IFSPM	$\hat{Y} = 2,27365 + 0,00215x$	0,72	**
PIDA (%MS) ¹¹	IFCPM	$\hat{Y} = 1,79413 + 0,00656x$	0,91	**
	FPSPM	$\bar{X} = 2,30$		
DIVMS (%MS) ¹²		$\bar{X} = 41,13$		
NDT (%MS) ¹³		$\bar{X} = 47,62$		

^πIFSPM: início do florescimento sem pré-murchamento, IFCPM: início do florescimento com pré-murchamento, FPSPM: florescimento pleno sem pré-murchamento,

¹Matéria seca na ensilagem, ²Efluente (L t⁻¹) avaliado isoladamente, uma vez que ocorreu apenas em um estágio, ³Capacidade tampão (meq de NaOH (0,1 N) para elevar o pH de 4,0 para 6,0 (eq mg 100g MS⁻¹), ⁴Potencial de Hidrogênio, ⁵Fibra em detergente neutro, ⁶Fibra em detergente ácido, ⁷Matéria mineral, ⁸Extrato etéreo, ⁹Proteína bruta, ¹⁰Proteína insolúvel em detergente neutro, ¹¹Proteína insolúvel em detergente ácido, ¹²Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, ¹³Nutrientes digestíveis totais,

*(P<0,05), **(P<0,01) pela análise da variância.

Fonte: Elaboração dos autores.

Haigh (1999) analisou experimentos com azevém e trevo, isolados ou em misturas, gerando 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 aplicada essa equação para o tratamento mencionado acima de 18,82%, a equação estimaria uma emissão de efluentes de $29,51 L t^{-1}$, abaixo da média observada, de $34 L t^{-1}$ (Tabela 1), demonstrando emissão pela aveia branca similar ou até superior às forrageiras utilizadas pelo autor.

Não ocorreu interação entre as variáveis analisadas para a capacidade tampão da silagem (CT) e a mesma não foi influenciada pela dose de N, sendo afetada apenas pelo estágio, apresentando menor valor no estágio florescimento pleno sem pré-murchamento (Tabela 1). Forragens com baixo teor de MS associado ao elevado teor de PB na MS, correspondem a um ambiente favorável para desencadear fermentações secundárias indesejáveis, com maior pH e maior CT, o que poderia favorecer a proteólise e perda da qualidade (ANDRIGUETTO et al., 2002; PEREIRA; REIS, 2001; VAN SOEST, 1994). Contudo, a elevação no teor de MS de 18,82 para 24,64% pelo efeito do pré-murchamento no estágio de início do florescimento, não se mostrou eficiente em melhorar o processo fermentativo, sem efeito significativo na CT.

O manejo de pré-murchamento não apresenta efeito consistente na literatura sobre a alteração na CT da silagem. Castro et al. (2006), avaliando silagem de *Cynodon dactylon* Tifton 85 com teores de 25 a 65% de MS, observou estabilidade da CT até 8 dias após a ensilagem, mas posteriormente os autores observaram oscilação, sem tendência definida de estabilização. Berto e Mühlbach (1997), ensilando aveia preta, observaram que o murchamento de 15,3 para 31,2% de MS reduziu a CT em 14,6%. A CT da aveia branca observada aqui é considerada alta, muito acima da encontrada por Macedo et al. (2012) para aveia branca UPF 18, no estágio de grão pastoso, de $14,72 eq mg NaOH 100g MS^{-1}$, e próximos ao de triticale em grão farináceo,

de $71,93 eq mg NaOH 100g MS^{-1}$, observados por Bumbieris Júnior et al. (2010).

O efeito do pré-murchamento na redução da CT parece depender da elevação no teor de MS em magnitude superior à encontrada no presente trabalho, ou ainda, a ausência de significância pode ser explicada pela perda de substâncias tamponantes via efluente. 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.

Não houve interação entre doses de N e estádios de ensilagem para o pH de estabilização da silagem (Tabela 1). Embora a CT não tenha sido alterada, o pH reduziu linearmente com as doses de N (Tabela 2). Já Macedo et al. (2012), avaliando doses de 0 a $200 kg ha^{-1}$ de N em silagem de sorgo, não observaram diferenças no pH. A redução neste caso, poderia ser explicada pelo decréscimo nos teores de MM, FDN e FDA (Tabela 2), que estariam associados ao maior teor de substratos fermentescíveis aos microrganismos, o que pode ter favorecido a formação de ácidos, principalmente o ácido láctico, reduzindo o pH, conferindo maior estabilidade a silagem. O estágio de ensilagem foi significativo sobre o pH, sendo mais baixo no FPSPM (3,37), muito em virtude da menor CT. Seguindo a tendência da CT, o pH não foi alterado pelo manejo de pré-murchamento no início do florescimento, IFSPM e IFCPM (3,95 e 4,27, respectivamente), diferenciando um pouco 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 da silagem, e esta é considerada boa quando o pH é inferior a 4,4 para silagem de elevada umidade.

Houve interação entre doses de N e estádios de ensilagem para os teores de FDN e FDA, com

redução linear para o início do florescimento (IFSPM e IFCPM) com o acréscimo de N (Tabela 2), sendo que não houve influência no florescimento pleno, apresentando média de 66,69 e 38,36% para FDN e FDA, respectivamente. Os teores médios de FDN e FDA foram maiores no florescimento pleno, não diferindo do início do florescimento sem pré-murchamento (Tabela 1). Foi observado que a perda de efluentes no início do florescimento (IFSPM) não carregou substâncias solúveis em quantidade suficiente para elevar significativamente a proporção das frações fibrosas, quando comparado com pré-murchamento (IFCPM). A proporção das frações fibrosas também não foi alterada pelo pré-murchamento no 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 de 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. Moreira et al. (2001) observaram que para a aveia geralmente não ocorre diferenças significativas nestas frações, no entanto, os autores realizaram os cortes 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). Concordando com os dados do presente trabalho (Tabela 2), redução linear nos teores de FDN e FDA sob adubação nitrogenada foram detectadas por Magalhães et al. (2011) em *Brachiaria decumbens*. Castagnara et al. (2011), avaliando capins Tanzânia, Mombaça e Mulato I, 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 da dose de N nos teores de FDN e FDA em silagem de sorgo, enquanto Simili et al. (2008) observaram redução apenas no FDN, em sorgo de Sudão.

A matéria mineral (MM) não sofreu efeito de interação, sendo apenas afetada com as doses de N,

reduzindo linearmente com os incrementos deste (Tabela 2), corroborando com trabalho de Macedo et al. (2012), em silagem de sorgo. O manejo de pré-murchamento não influenciou o teor de MM (Tabela 1), entretanto, foi menor com o avanço do ciclo da cultura (FPSPM), como também encontrado por Floss et al. (2007).

Já para o EE a interação não foi significativa, bem como não foi influenciado pelas doses de N (Tabela 1). Teve efeito apenas para estágio de ensilagem, sendo mais baixo no estágio de florescimento pleno (FPSPM), corroborando com trabalho de Boin et al. (2005) em silagem de aveia branca, os quais observaram redução no teor de 2,87 para 2,08% do início para o pleno florescimento, sendo que posteriormente se elevou novamente com a formação e enchimento dos grãos.

Para os teores de PB, PIDN e PIDA houve interação entre doses de N e estágios de ensilagem (Tabela 1). A média de PB no início do florescimento (IFSPM e IFCPM) foi maior e aumentou linearmente de acordo com as doses de N, corroborando com trabalhos de Moreira et al. (2001) e Santi, Amado e Acosta (2003), enquanto que no florescimento pleno foi menor e não se ajustou ao modelo, com média de 13,03% (Tabela 2). Os maiores teores foram encontrados no início do florescimento com pré-murchamento (IFCPM), pois pela elevada umidade apresentou menor proteína em função da possível perda parcial de N com os efluentes emitidos, corroborando com trabalho de Berto e Mühlbach (1997), que encontraram redução de 22% na PB em silagem de aveia em estágio vegetativo. A PB foi menor no florescimento pleno sem pré-murchamento devido ao maior acúmulo de material fibroso com o avanço da maturidade da planta (FLOSS et al., 2007).

O teor de PIDN no início do florescimento com pré-murchamento (IFCPM) apresentou crescimento linear com as doses de N, acompanhando o comportamento da PB (Tabela 2). No entanto, os estágios início do florescimento e florescimento

pleno, ambos sem pré-murchamento, não se ajustaram aos modelos matemáticos, apresentando médias de 3,28 e 3,38%, respectivamente. O estágio influenciou o teor de PIDN, sendo maior no início do florescimento, com destaque para o IFCPM, seguindo o comportamento da PB, o mesmo foi observado por Berto e Mühlbach (1997).

Os teores de PIDA no início do florescimento (IFSPM e IFCPM) foram incrementados linearmente de acordo com o incremento no N aplicado (Tabela 2), enquanto que para o florescimento pleno (FPSPM) não houve efeito e apresentou média de 2,30%, seguindo o mesmo comportamento da PB. Embora tenha ocorrido efeito do fator estágio para PB e PIDN, o mesmo não se repetiu para o PIDA, mostrando que está ligado à frações de lignina e celulose, mais difíceis de serem alterados pelo processo fermentativo. Corroborando, Berto e Mühlbach (1997) não visualizaram efeito do pré-murchamento sobre o PIDA.

A adubação nitrogenada promove elevação no teor de PB (Tabela 2), 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). O que foi confirmado aqui, pois não houve interação para a DIVMS, tampouco sofreu influência das doses de N (Tabela 1), sendo apenas afetada pelo fator estágio de ensilagem, com melhor digestibilidade no início do florescimento (IFSPM e IFCPM) em detrimento do final do florescimento (FPSPM), 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), de 53,05 e 45,72% para o estágio de início do florescimento e florescimento pleno, respectivamente.

O teor de NDT não foi influenciado por nenhum dos fatores avaliados, com médias de 47,94, 48,33 e 46,6% para IFSPM, IFCPM e FPSPM, respectivamente. A menor DIVMS no estágio de FPSPM não influenciou o NDT em função de este

estádio apresentar menor MM. A DIVMS e o NDT são parâmetros para expressar o valor nutritivo e energético dos alimentos, apresentam normalmente correlação negativa com os teores de FDA e MM (VAN SOEST, 1994). As reduções lineares nos teores das frações de FDN e FDA para o estágio de início do florescimento (IFSPM e IFCPM) bem como a redução linear da MM em todos os estádios com o aumento das doses de N (Tabela 2) foram de baixa magnitude, insuficientes para elevar significativamente a DIVMS e/ou o NDT.

De modo geral, a silagem de aveia branca apresentou-se como 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 e valor energético não muito satisfatório, que deprimem o consumo. Mostra-se, portanto, como um volumoso de qualidade inferior quando comparado com a tradicional silagem de milho, contudo, sua produção e uso podem ser justificados quando sob custo inferior de produção.

Conclusões

Altas doses de nitrogênio reduzem o pH e o teor de material mineral na silagem de aveia branca, com redução também nos teores de FDN e FDA e elevação dos teores de PB e PIDN, quando confeccionada no início do florescimento.

O pré-murchamento da forragem colhida no início de florescimento inibe a produção de efluentes e apresenta teores de PB e PIDN mais elevados. A ensilagem no estágio de florescimento pleno apresenta menor pH e CT, mas com menor valor nutritivo. A DIVMS e o NDT não são alterados pelas adubação nitrogenada e pré-murchamento.

A ensilagem no início do florescimento com pré-murchamento é a mais indicada por apresentar maior teor de PB e menores teores de FDN e FDA, na comparação com o florescimento pleno.

Agradecimentos

À UTFPR Campus Dois Vizinhos pela disponibilidade de área e toda infraestrutura e recursos para realização deste trabalho. À Capes pela bolsa de mestrado durante parte do período de estudos. Aos colegas de curso e/ou bolsistas de IC, Rasiel Restelatto, Suelen Fátima Einsfeld e Fernanda Paula Baldicera, pela colaboração na condução do trabalho.

Referências

- ANDRIGUETTO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, J. S.; SOUZA, G. A. de; BONAFILHO, A. *Nutrição animal: as bases e os fundamentos da nutrição animal: os alimentos*. São Paulo: Nobel, 2002. 395 p.
- BERTO, J. L.; MÜHLBACH, P. R. F. Silagem de aveia preta no estádio vegetativo, submetida a ação de inoculantes e ao efeito de emurchecimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 651-658, 1997.
- BOIN, C.; FLOSS, E. L.; CARVALHO, M. P.; PALHANO, A. L.; SOARES FILHO, C. V.; PREMAZZI, L. M. Composição e digestibilidade de silagens de aveia branca produzidas em quatro estádios de maturação. *Boletim de Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 62, n. 1, p. 35-43, 2005.
- BUMBIERIS JÚNIOR, V. H.; JOBIM, C. C.; EMILE, J. C.; ROMAN, J.; SILVA, M. S. da. Aerobic stability of triticale silage in single culture or in mixtures with oat and/or legumes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 39, n. 11, p. 2349-2356, 2010.
- CASTAGNARA, D. D.; ZOZ, T.; KRUTZMANN, A.; UHLEIN, A.; MESQUITA, E. E.; NERES, M. A.; OLIVEIRA, P. S. R. de. Produção de forragem, características estruturais e eficiência de utilização do nitrogênio em forrageiras tropicais sob adubação nitrogenada. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 32, n. 4, p. 1637-1648, 2011.
- CASTRO, F. G. F.; NUSSIO, L. G.; HADDAD, C. M.; CAMPOS, F. P.; COELHO, R. M.; MARI, L. J.; TOLEDO, P. A. Perfil microbiológico, parâmetros físicos e estabilidade aeróbia de silagens de capim-tifton 85 (*Cynodon* sp.) confeccionadas com distintas concentrações de matéria seca e aplicação de aditivos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 35, n. 2, p. 358-371, 2006.
- COAN, R. M.; FREITAS, D.; REIS, R. A.; RODRIGUES, L. R. A. Composição bromatológica das silagens de forrageiras de inverno submetidas ou não ao emurchecimento e ao uso de aditivos. *ARS Veterinária*, Jaboticabal, v. 17, 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.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA- CNPS. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2006. 306 p.
- FLOSS, E. L.; BOIN, C.; PALHANO, A. L.; SOARES FILHO, C. V.; PREMAZZI, L. M. Efeito do estádio de maturação sobre o rendimento e valor nutritivo da aveia branca no momento da ensilagem. *Boletim da Indústria Animal*, Nova Odessa, v. 60, n. 2, p. 117-126, 2003.
- FLOSS, E. L.; PALHANO, A. L.; SOARES FILHO, C. V.; PREMAZZI, L. M. Crescimento, produtividade, caracterização e composição química da aveia branca. *Acta Scientiarum Animal Science*, Maringá, 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*, Madison, v. 80, p. 260, 1997. Supplement 1.
- HAIGH, P. M. Effluent production from grass silage treated with additives and in large-scale bunker silos. *Grass and Forage Science*, Oxford, v. 54, n. 3, p. 208-218, 1999.
- JOBIM, C. C.; NUSSIO, L. G.; REIS, R. A.; SCHMIDT, P. Avanços metodológicos na avaliação da qualidade da forragem conservada. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 36, p. 101-119, 2007. Suplemento especial.
- 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, 1998. p. 59-70.
- LOURES, D. R. S.; NUSSIO, L. G.; PAZIANI, S. F.; PEDROSO, A. F.; MARI, L. J.; RIBEIRO, J. L.; ZOPOLLATTO, M.; SCHMIDT, P.; JUNQUEIRA, M. C.; PACKER, I. U.; CAMPOS, F. P. 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*, Viçosa, MG, v. 34, n. 3, p. 726-735, 2005.
- MACEDO, C. H. O.; ANDRADE, A. P.; SANTOS, E. M.; SILVA, D. S. da; SILVA, T. C. da; EDVAN, R. L. Perfil fermentativo e composição bromatológica de silagens de sorgo em função da adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 13, n. 2, p. 371-382, 2012.
- MAGALHÃES, A. F.; PIRES, A. J. V.; CARVALHO, G. G. P. de; SOUSA, R. S.; SILVA, F. F. da; BONOMO, P.; VELOSO, C. M.; MAGALHAES, D. M. A.; PEREIRA, J. M. Composição bromatológica e concentrações de nutrientes do capim braquiária adubado com nitrogênio e fósforo. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, Salvador, v. 12, n. 4, p. 893-907, 2011.
- MARTHA JÚNIOR, G. B.; CORSI, M.; TRIVELIN, P. C. O.; ALVES, M. C. Nitrogen recovery and loss in a fertilized elephant grass pasture. *Grass and Forage Science*, Oxford, v. 59, n. 1, p. 80-90, 2004.
- McDONALD, P. *The biochemistry of silage*. New York: John Wiley & Sons, Ltda., 1981. 218 p.
- MOHR, R. M.; GRANT, C. A.; MAY, W. E.; STEVENSON, F. C. The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilizer application on oat yield and quality. *Canadian Journal of Soil Science*, Ottawa, v. 87, n. 4, p. 459-468, 2007.
- MOREIRA, F. B.; CECATO, U.; PRADO, I. N.; WADA, F. Y.; REGO, F. C. A.; NASCIMENTO, W. G. Avaliação de aveia preta cv Iapar 61 submetida a níveis crescentes de nitrogênio em área proveniente de cultura de soja. *Acta Scientiarum*, Maringá, v. 23, n. 4, p. 815-821, 2001.
- OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B. M. T.; FREIRE, F. J.; LIRA JUNIOR, M. A.; SIMÕES NETO, D. E. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, PB, v. 14, n. 9, p. 951-960, 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, 1., 2001, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM/CCA/DZO, 2001. p. 64-86.
- 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*, Viçosa, MG, v. 27, n. 6, p. 1075-1083, 2003.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. Viçosa: UFV, 2006. 235 p.
- SIMILI, F. F.; REIS, R. A.; FURLAN, B. N.; PAZ, C. C. P.; LIMA, M. L. P.; BELLINGIERI, P. A. Resposta do híbrido de sorgo-Sudão à adubação nitrogenada e potássica: composição química e digestibilidade *In Vitro* da matéria orgânica. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, MG, v. 32, n. 2, p. 474-480, 2008.
- TILLEY, J. M. A.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the "in vitro" digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society*, Oxford, v. 18, n. 2, p. 104-111, 1963.
- VAN SOEST, P. J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.

