

Composição química e perdas totais de matéria seca na silagem de planta de soja

Fábio Jacobs Dias¹, Clóves Cabreira Jobim², José Luis Soriani Filho², Valter Harry Bumbieris Junior^{3*}, Edson Carlos Poppi⁴ e Graziela Aparecida Santello⁵

¹Universidade do Estado do Mato Grosso, Pontes e Lacerda, Mato Grosso, Brasil. ²Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá, Paraná, Brasil. ³Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Paraná, Brasil. ⁴Sementes Adriana, Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. ⁵Instituto de Ciências Sociais, Educação e Zootecnia, Universidade Federal do Amazonas, Parintins, Amazônia, Brasil. *Autor para correspondência. E-mail: dudabumbieris@hotmail.com

RESUMO. Objetivou-se avaliar a composição química e as perdas totais de MS na silagem de soja colhida em diferentes estádios reprodutivos. O trabalho foi dividido em dois períodos experimentais, safras de 2005 e de 2006. Foram determinados quatro estádios reprodutivos (R3, R4, R5 e R6) como tratamento no Experimento I (2005) e três estádios reprodutivos (R5, R6 e R7) no Experimento II (2006). O material foi acondicionado em silos experimentais de PVC, sendo as amostragens efetuadas na abertura do silo (60 dias após a ensilagem) para avaliar a composição química. No Experimento I, houve diferenças ($p < 0,05$) nos quatro estádios reprodutivos para os teores de MS, CZ, MO, PB, LIG, EE e CT. Não se verificou diferença ($p > 0,05$) para os valores de FDN, FDA, NIDN, NIDA, CEL, CHO e pH. No Experimento II, as silagens não apresentaram diferenças ($p > 0,05$) para o teor de MS, CZ, MO, PB, FDN, FDA, EE e CHO em função do estágio do desenvolvimento da cultura de soja. Os valores de pH, CE e CT das silagens apresentaram diferenças ($p < 0,05$) entre os estádios reprodutivos. O avanço do estágio reprodutivo altera o valor nutricional da silagem da planta inteira de soja. O déficit hídrico influencia negativamente o desenvolvimento adequado dos grãos de soja, ocasionando prejuízo especialmente em relação ao valor proteico da silagem.

Palavras-chave: estágio reprodutivo, leguminosa, valor nutritivo.

ABSTRACT. Chemical composition and dry matter total losses of soybean plant silage. This trial was carried out to study the chemical composition and total DM losses of soybean silage at different reproductive stages. The work was divided in two evaluation periods: the 2005 and 2006 harvests. Four reproductive stages were determined (R3, R4, R5 and R6) as treatments in trial I (2005) and three reproductive stages (R5, R6 and R7) in trial II (2006). The material was conditioned in PVC experimental silos, and the samples were taken at the time the silo was opened (60 days after ensilage) to evaluate the chemical composition. In trial I, there were differences ($p < 0.05$) in the four reproductive stages for DM, ash, OM, CP, LIG, EE and BC. No differences were observed ($p > 0.05$) for NDF, ADF, NDIN, ADIN, CELL, total carbohydrate and pH. In trial II, the silages did not present differences ($p > 0.05$) for DM, ash, OM, CP, NDF, ADF, EE and total carbohydrate in function of the soybean harvest stage. The pH values, electric conductivity and buffering capacity of the silages were different ($p < 0.05$) among the reproductive stages. The advance of reproductive stage changes the nutritional value of whole-plant soybean silage. The water deficit adversely affects the suitable development of soybeans, where the protein value of silage is penalized.

Key words: reproductive stage, legume, nutritional value.

Introdução

No Estado do Paraná as áreas destinadas à cultura da soja somam aproximadamente 3,9 milhões de hectares (CONAB, 2008). Áreas semeadas com soja (*Glycine max* (L.) Merrill) podem ser utilizadas para produção de forragens conservadas de qualidade. Produtores agrícolas que integram áreas de lavoura com pecuária conhecem os benefícios trazidos pela

rotação de culturas. Basta que incluam a soja como fonte potencial de produção de forragem para os animais ruminantes, para que esta leguminosa seja empregada com maior frequência em sistemas de produção.

A soja é uma leguminosa com alto valor proteico, por isso apresenta elevado potencial para alimentação dos animais. O cultivo da soja para esse fim segue as recomendações para o cultivo com o propósito de

produzir grãos. Para uso da soja na forma de silagem, deve-se determinar o melhor momento para a realização da colheita, visando obter rendimento e qualidade. Embora o teor de proteína mantenha-se pouco variável com o avanço na idade, a colheita mais tardia provoca a diminuição no rendimento em forragem, em função do ciclo mais curto (EVANGELISTA et al., 2003).

De acordo com Sedyama et al. (1985), o ciclo da soja é dividido em oito estádios reprodutivos 'R' subdivididos em quatro partes: R1 e R2 descrevem o florescimento; R3 e R4 o desenvolvimento da vagem; R5 e R6 o desenvolvimento da semente e R7 e R8 a maturação da planta. No entanto, nem todas as plantas em um mesmo cultivo estarão no mesmo estágio ao mesmo tempo. Quando uma área de soja é dividida em estádios, cada estágio específico é definido somente quando 50% ou mais das plantas, no campo, estão nele ou entre aquele estágio (SEDIYAMA et al., 1985).

Dentre os fatores que contribuem para a dificuldade de conservação da soja na forma de silagem estão, a baixa concentração de matéria seca e o elevado teor de proteína, de óleo e de matéria mineral no momento do corte, que a caracterizam como forrageira de difícil ensilagem, por apresentar elevada capacidade tampão (MELVIN, 1965; MUCK; WALGENBACH, 1985; PEREIRA et al., 2009). Diante disso, alguns autores mencionam que a soja necessita ser ensilada com aditivos que aumentem o teor de carboidratos solúveis ou elevem a população inicial de bactérias lácticas (PEREIRA et al., 2007).

No presente trabalho, objetivou-se avaliar a composição química e as perdas de matéria seca totais das silagens de soja colhida em diferentes estádios reprodutivos.

Material e métodos

O presente trabalho foi conduzido no município de Mandaguçu, no Noroeste do Estado do Paraná e no Laboratório de Análise de Alimentos e Metabolismo Animal do Departamento de Zootecnia da Universidade Estadual de Maringá. O experimento foi dividido em dois anos e em dois ciclos de cultivo da soja: outubro de 2004 a abril de 2005 e outubro de 2005 a junho de 2006.

Segundo Deffune e Klosowski (1995), a temperatura na região é classificada como quente e do tipo Cw'h. Na Tabela 1, são apresentadas as médias de temperatura mínima e máxima e precipitações, no período de avaliação no campo.

Os tratamentos na primeira avaliação

(2004/2005) foram constituídos de quatro estádios reprodutivos (R3, R4, R5 e R6) e na segunda avaliação (2005/2006) os tratamentos foram três estádios reprodutivos (R5, R6 e R7).

Tabela 1. Temperaturas média, mínima e máxima, precipitação, durante o período de condução da cultura.

Table 1. Mean temperatures, minimum, maximum, precipitation, during crop observation period.

Meses Months	Temperatura média (°C) Mean temperature (°C)		Precipitação Precipitation (mm)
	T°C mínima minimum T °C	T°C máxima maximum T °C	
	Outubro, 2004 – Abril, 2005 October, 2004 – April, 2005		
Outubro October	17,5	28,5	330,0
Novembro November	15,7	32,5	148,5
Dezembro December	20,5	32,3	96,0
Janeiro January	19,6	30,3	417,5
Fevereiro February	20,9	32,4	19,0
Março March	23,7	33,5	17,0
Abril April	18,67	29,4	57,0
Outubro, 2005 – Abril, 2006 October, 2005 – April, 2006			
Outubro October	21,6	32,6	150,0
Novembro November	21,7	31,6	67,5
Dezembro December	20,2	30,0	50,0
Janeiro January	18,3	29,0	98,0
Fevereiro February	22,5	35,1	15,0
Março March	20,9	30,6	19,0
Abril April	19,7	28,0	97,5

A semeadura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) da variedade Arara Azul (ciclo tardio) foi realizada em 20 de outubro de 2004 e em 28 de outubro de 2005, com espaçamentos de 45 cm entre as linhas. As adubações ocorreram no momento da semeadura utilizando a quantidade de 300 kg ha⁻¹ da fórmula 8-20-20 (NPK). Durante o desenvolvimento da cultura foi utilizado inseticida para controle de pragas. A área experimental foi constituída de seis fileiras com comprimento de 200 m. O corte em cada ano de avaliação foi efetuado manualmente, rente ao solo, conforme o estágio reprodutivo definido como tratamento.

No Experimento I, os cortes foram realizados nas seguintes datas: R3 – 18 de fevereiro, R4 – 24 de fevereiro, R5 – 24 de março e R6 em 10 de abril de 2005 e no Experimento II foram: R5 – 10 de março, R6 – 31/03 e R7 em 19 de abril de 2006.

No momento do carregamento dos silos experimentais foram coletadas amostras da forragem original para análises de matéria seca (MS) de acordo

com Silva e Queiroz (2002). As cinzas (CZ), a matéria orgânica (MO), a proteína bruta (PB) e o extrato etéreo (EE) foram obtidos seguindo a metodologia da AOAC (1997) e as análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), conforme descrito por Van Soest et al. (1991).

Após a colheita, a soja foi processada em triturador estacionário de forragem com cortes em partículas entre 1,5 e 2,0 cm. Foi aplicado ao material processado o aditivo enzimo-bacteriano comercial (Bacto Silo C. Tropical da marca Katec®), segundo recomendações do fabricante e adicionado à massa com um pulverizador manual. Feita a homogeneização, o material foi colocado em silos experimentais de PVC (20 cm de diâmetro x 40 cm de altura) com capacidade média de 9 kg de matéria natural. A compactação foi realizada por meio de bastões de madeira, com acomodação de camadas de aproximadamente 5 cm de espessura. Após a compactação, os silos foram devidamente vedados com lona plástica e selados com fita adesiva. Os silos experimentais foram armazenados em temperatura ambiente e sob proteção da luz solar e da chuva.

Após 60 dias da ensilagem, os silos foram pesados com o propósito de estimar as perdas de MS total e cálculo da recuperação da MS. Essa perda foi calculada pela diferença entre o peso da MS inicialmente colocado nos silos e o peso de MS da silagem no dia de abertura dos silos. Pela diferença de peso entre as duas pesagens, foram calculadas as perdas, conforme equação descrita por Schmidt (2006).

Aos 60 dias, os silos foram abertos para retirada de amostras, que foram pesadas e secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72h para determinação dos teores da matéria pré-seca. Após, as amostras foram processadas em moinho do tipo Willey com peneira com crivos de 1 mm de diâmetro, para posteriores análises químicas.

Sobre o material original foram analisados os teores de matéria seca (MS) de acordo com Silva e Queiroz (2002). A proteína bruta (PB), o extrato etéreo (EE), a matéria orgânica (MO) e as cinzas (CZ) foram obtidos seguindo a metodologia da AOAC (1997) e as análises de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), conforme descrito por Van Soest et al. (1991). Para as amostras das silagens foram submetidas às seguintes determinações da composição química: MS, nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) de acordo com Silva e Queiroz (2002). A PB, EE, MO e CZ, foram obtidas seguindo a metodologia da AOAC (1997) e as FDN, FDA, celulose (CEL) obtida por diferença, subtraindo da

FDA a lignina e as cinzas insolúveis e lignina (LIG), feita pelo método de permanganato de potássio, conforme descrito por Van Soest et al. (1991). A análise de capacidade tampão (CT) foi realizada conforme Playne e McDonald (1966). Para avaliação de acidez (pH), foi extraído o suco da silagem utilizando uma prensa hidráulica (Tecnal®) com capacidade de força de 16 toneladas. O pH foi medido com potenciômetro digital (Tecnal®). Os carboidratos totais (CHO) foram calculados segundo metodologia da Universidade de Cornell, descrita por Sniffen et al. (1992), em que: %CHO = 100 - (%PB + %EE + %CZ).

No Experimento II, em relação à composição química, não foram realizadas as análises referentes a NIDN, NIDA, LIG e CEL, porém, foi avaliada a condutividade elétrica (CE) da silagem, sendo esta, determinada para quantificação da intensidade de rompimento celular, realizada de acordo com Kraus et al. (1997), em que, 25 g foram homogeneizadas durante 1 min., com 300 mL de água deionizada. Nas soluções obtidas da filtragem da amostra, foi realizada leitura indireta da quantidade de eletrólitos livres na solução com condutivímetro da marca Tecnal®, modelo 4MP.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro tratamentos (estádios de maturação R3, R4, R5 e R6) e quatro repetições no Experimento I e no Experimento II foram três tratamentos (estádios de maturação R5, R6 e R7) com quatro repetições. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e comparados utilizando-se o teste de Tukey em nível de 5% de significância. A análise das perdas de MS foi realizada dentro de cada experimento. Para realização das análises estatísticas utilizou-se o Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas (UFV, 1997), segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij},$$

em que:

Y_{ij} = observação referente ao estágio reprodutivo;

μ = constante geral;

T_i = efeito do estágio reprodutivo i ; sendo $i = 1..4$;

ϵ_{ij} = erro aleatório associado a cada observação Y_{ij} .

Resultados e discussão

Nas avaliações da composição química do material de origem, os dados obtidos não foram avaliados estatisticamente. Os teores de MS, CZ, MO PB, FDN, FDA e EE da planta de soja antes da ensilagem podem ser visualizados na Tabela 2.

Tabela 2. Teores médios de matéria seca (MS), cinzas (CZ), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), extrato etéreo (EE) em diferentes estádios reprodutivos na planta de soja.

Table 2. Mean levels of dry matter (DM), ash, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), ether extract (EE) at different reproductive stages in soybean plant.

Parâmetros % (MS)	Ano de 2005 2005				Ano de 2006 2006		
	R3	R4	R5	R6	R5	R6	R7
Parameters % (DM)							
MS	28,70	30,61	33,88	37,05	29,3	33,7	34,6
DM							
CZ	8,45	8,77	7,55	7,0	8,7	8,2	7,0
ash							
MO	91,55	91,23	92,45	9,30	91,3	91,8	93,0
OM							
PB	13,9	13,6	14,8	14,1	14,5	15,4	10,9
CP							
FDN	50,2	49,3	54,6	55,06	52,3	44,6	55,5
NDF							
FDA	43,22	44,4	47,6	49,4	42,4	40,6	41,4
ADF							
EE	1,71	1,69	2,01	1,9	0,8	1,5	1,0
EE							

Constatou-se que não houve variações de grande magnitude na composição química da forragem nos dois anos avaliados. Isso provavelmente pode ser explicado em virtude do déficit hídrico que ocorreu nos meses de fevereiro e março com precipitação média de 17 e 18 mm, respectivamente. Segundo Sedyama et al. (1985), o consumo de água pela soja varia com as condições climáticas, práticas culturais e com a duração da estação de cultivo. A necessidade total de água na cultura da soja, para obtenção do máximo rendimento, varia entre 450 a 800 mm ciclo⁻¹. Essa necessidade de água na cultura da soja vai aumentando com o desenvolvimento da planta, atingindo o máximo durante a floração-enchimento de grãos (7 a 8 mm dia⁻¹), decrescendo após esse período. Neste estágio de desenvolvimento, reprodutivo R5 e R6, em que ocorre enchimento dos grãos, é de extrema importância que não ocorra déficit hídrico, podendo os grãos desenvolverem-se adequadamente.

Observa-se que ao avaliar-se a composição química do material de origem (Tabela 2) e a silagem da planta de soja (Tabela 3), não ocorreram variações consistentes nos respectivos teores MS, CZ, MO PB, FDN, FDA e EE avaliados em ambos os períodos 2005 e 2006.

Na Tabela 3, referente ao Experimento I, pode-se observar que houve efeito ($p < 0,05$) do estágio reprodutivo (R) para os teores de MS, CZ, MO, PB, LIG, EE e CT. Porém, não houve efeito do estágio 'R' para os valores da FDN, FDA, NIDN, NIDA, CEL e pH das silagens. O teor de MS elevou-se de 25,76% no R3 para 36,29% no R6, pelo crescimento livre da planta, com efeito, de concentração dos componentes em virtude de perda de compostos solúveis. No entanto, esse baixo teor médio de MS no estágio R3,

não interferiu na qualidade de fermentação da silagem. Segundo Coffey et al. (1995), em razão da produtividade e valor nutritivo da forragem da planta da soja, recomenda-se que a colheita para ensilagem seja realizada no estágio reprodutivo R6.

O teor de MS ideal para ensilagem é estimado entre 30 e 35% (VAN SOEST, 1994; BORGES et al., 1997; PESCE et al., 2000), para evitar perdas pela formação de efluentes e processos biológicos que produzam gases, água e calor, bem como proporcionar fermentação láctica adequada para a manutenção do valor nutritivo da silagem.

No segundo experimento, referente ao ano (2006) de avaliações, as silagens nos estádios R5, R6 e R7 não apresentaram diferença ($p > 0,05$) para o teor de MS, CZ, MO, PB, FDN, FDA, EE e CHO. Provavelmente, isso tenha ocorrido por causa da baixa precipitação pluviométrica durante o período de desenvolvimento da planta de soja. Porém, ocorreu efeito do estágio reprodutivo ($p < 0,05$) para os valores de pH, CE e CT. Já no ano de 2005, em alguns parâmetros avaliados (MS, CZ, MO PB, FDN, FDA e EE), ocorreu diferença ($p < 0,05$) entre as variáveis e isso pode ser atribuído às condições de déficit hídrico, corroborando Sedyama et al. (1985) como pode ser observado na Tabela 1, durante o período de cultivo da soja, que prejudica o desenvolvimento da cultura, especialmente na produção de grãos.

Considerando o teor de cinzas da silagem de soja, observa-se efeito do estágio de colheita no ano de 2005 ($p < 0,05$), e o estágio R5 teve menor teor médio (5,70%), sem diferença para o R6. Para o ano de 2006, não houve diferença ($p > 0,05$) sobre o teor de CZ nos três estádios avaliados R5, R6 e R7.

O teor médio de MO foi de 93,40%, com valores inferiores ($p < 0,05$) nos estádios reprodutivos R3 e R4 em relação aos estádios reprodutivos R5 e R6, no Experimento I. No Experimento II, os teores de MO foram semelhantes ($p > 0,05$), com teor médio de 91,89%.

O teor de PB da silagem aumentou ($p < 0,05$) em 3,27 unidades percentuais do R3 para R5 no Experimento I. O teor médio de PB encontrado no ano de 2005 foi de 13,25%, o qual foi semelhante ao obtido no ano de 2006, com 13,20%, em condições semelhantes de cultivo. Os teores médios de PB nos estádios R3 e R4 foram inferiores ($p < 0,05$) aos demais, cujos valores foram 11,86 e 11,11%, respectivamente. Esses teores de PB são considerados adequados para a fermentação ruminal, uma vez que os animais podem apresentar redução no consumo, com níveis de PB inferiores a 7,0-7,2% (MOORE; KUNKLE, 1998). Entretanto, caso não tivesse ocorrido déficit hídrico nos estádios reprodutivos R5 e R6, em ambos os anos 2005 e 2006, teria ocorrido o desenvolvimento adequado dos grãos e provavelmente, o teor de PB bruta da planta inteira seria de aproximadamente de 18%.

Tabela 3. Teores médios de matéria seca (MS), cinzas (CZ), matéria orgânica (MO), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), lignina (LIG), celulose (CEL), extrato etéreo (EE), carboidratos totais (CHO), pH, condutividade elétrica (CE) e capacidade tampão (CT) em diferentes estádios reprodutivos na silagem de soja.

Table 3. Mean levels of dry matter (DM), ash, organic matter (OM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), neutral detergent indigestible nitrogen (NDIN), acid detergent indigestible nitrogen (ADIN), lignin (LIG), cellulose (CELL), ether extract (EE), total carbohydrate (CHO), pH, electric conductivity (EC), and buffering capacity (BC) at different reproductive stages in soybean silage.

Parâmetros % (MS) Parameters % (DM)	Ano de 2005 2005				Média Mean	CV(%) CV (%)	Ano de 2006 2006			Média Mean	CV(%) CV (%)
	R3	R4	R5	R6			R5	R6	R7		
MS	25,76c	26,65c	31,18b	36,29a	29,97	4,28	26,86	27,01	28,55	27,47	20,9
CZ	7,30b	7,25b	5,70a	6,14a	6,6	6,76	7,9	7,85	8,57	8,11	7,7
ash											
MO	92,70b	92,75b	94,30a	93,86a	93,4	0,48	92,1	92,15	91,43	91,89	0,7
OM											
PB	11,86b	11,11b	15,13a	14,91a	13,25	26,79	13,95	12,76	12,9	13,2	7,2
CP											
FDN	47,35	45,64	50	51,07	48,52	8,68	51,36	54,48	54,86	53,57	6
NDF											
FDA	46,29	46,18	42,17	42,75	44,35	4,98	43,65	44,54	44,77	44,32	2,7
ADF											
NIDN	4,59	4,39	4,28	3,87	4,28	10,87	–	–	–	–	–
NDIN											
NIDA	2,65	2,68	3,05	2,89	2,82	10,87	–	–	–	–	–
ADIN											
LIG	12,58b	12,88b	10,71a	11,12a	11,83	5,16	–	–	–	–	–
LIG											
CEL	30,69	30,65	29,38	31,18	30,47	3,22	–	–	–	–	–
CELL											
EE	1,73b	1,74b	2,23a	2,48a	2,04	8,37	1,83	1,6	1,58	1,7	13,1
EE											
CHO	79,11	79,9	80,36	76,47	78,96	5,77	76,41	77,8	76,9	77,03	3,8
CHO											
pH	5,2	5,4	5,3	5,3	5,3	6,22	4,7a	5,3b	5,5b	5,2	7,5
pH											
CE ²	–	–	–	–	–	–	2,0a	2,8b	2,9b	2,6	17,6
EC											
CT ³	70,55ab	76,00bc	66,40a	80,70c	73,41	6,03	67,3a	76,7b	84,8b	76,3	10,7
BC											

Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey; CV = coeficiente de variação; ¹Estádios reprodutivos = (R3, R4, R5, R6/2005 e R5, R6 e R7/2006); ²CE = condutividade elétrica expressa em $\mu\text{S cm}^{-1}$; ³CT = expresso em $\text{e.mg NaOH } 100 \text{ g MS}^{-1}$.

Means followed by different letters in a column do not differ ($p < 0,05$) by Tukey test; CV = coefficient of variation; ¹Reproductive stage = (R3, R4, R5, R6/2005 and R5, R6 and R7/2006); ²EC = Electric conductivity in $\mu\text{S cm}^{-1}$; ³BC = in $\text{e.mg NaOH } 100 \text{ g DM}^{-1}$.

O baixo teor de PB observado pode ser atribuído à não-formação adequada das vagens. Jacques et al. (1982) e Vieira et al. (1999) mencionaram que o estágio vegetativo tem influência no teor de PB das plantas, que varia de acordo com a relação folha-caule. Com o avançar do estágio reprodutivo da soja houve aumentos significativos em PB, pela presença de grãos. Isso pode ser verificado nos estádios reprodutivos R3, R4, R5 e R6 em 2005. Esse valor médio poderia ser ainda maior em situações de desenvolvimento adequado dos grãos de soja. Entretanto, no presente estudo, isso não ocorreu em consequência da estiagem nos meses de fevereiro, março e abril. Assim, o desenvolvimento normal do grão foi prejudicado, o qual não cresceu mais de 5 mm, e o normal no estágio reprodutivo (R6 e R7) é de 11 mm de comprimento preenchendo por completo toda a cavidade da vagem (SEDIYAMA et al., 1985).

Não houve efeito do estágio reprodutivo sobre os teores de FDN (48,52 e 53,57%) e FDA (44,35 e

44,32) nos experimentos dos anos 2005/2006, respectivamente (Tabela 3). Os valores de FDN e FDA observados para a silagem de soja em diferentes estádios são superiores, quando comparados aos de Rangrab et al. (2000), que obtiveram teor de 40,16% de FDN para silagem de alfafa.

Para a FDA, o comportamento foi semelhante em todos os estádios reprodutivos, com valores médios de 44,35 e 44,32%, para os Experimentos I e II, respectivamente. A fração da FDA apresentou valores mais baixos (42,17 e 42,75%) no ano de 2005, nos estádios R5 e R6, respectivamente. Provavelmente, isso ocorreu pela presença das vagens sem desenvolvimento adequado dos grãos, nestes estádios reprodutivos com diferentes concentrações nos teores da FDA. Isso pode ser explicado pela maior precipitação pluviométrica que ocorreu no ano de 2005 no mês de janeiro, sendo de 417,5 mm, produzindo maior floração e conseqüentemente maior desenvolvimento das vagens, ocorrendo o efeito de diluição nos teores de FDA ao respectivo ano de 2005.

Observou-se que não houve diferença ($p > 0,05$) nos teores de NIDN, NIDA com o avançar dos estádios, com médias de 4,28 e 2,82%, respectivamente. Forragens com teores de NIDA superiores a 20% do nitrogênio total têm sua utilização comprometida em razão de reduções na disponibilidade de nitrogênio e na digestibilidade da MS (VAN SOEST; MANSON, 1991).

Com relação aos teores de lignina e de celulose, que foram realizadas somente no Experimento I, mantêm o mesmo comportamento observado para a FDA. Constatou-se maior teor de lignina nos estádios R3 e R4 com valores de 12,58 e 12,88% e menores nos estádios R5 e R6 com 10,71 e 11,12%. Isso ocorreu provavelmente, pela presença das vagens que possui fibra de melhor qualidade. Verifica-se que os teores de celulose não diferiram ($p > 0,05$) entre os estádios reprodutivos R3 e R6.

No Experimento I (2005), os teores de EE variaram de maneira esperada, à medida que a soja avança no estádio reprodutivo, há produção de grãos, com elevação no teor de óleo. No Experimento II (2006), isso não ocorreu uma vez que não houve desenvolvimento dos grãos em razão da prolongada seca. Sendo assim, o baixo teor de EE verificado, principalmente no segundo ano de avaliação, é atribuído à pequena participação dos grãos. Em condições normais de desenvolvimento da cultura, Rigueira (2008) registrou teor de EE de 9,0% na silagem de soja.

Não houve efeito ($p > 0,05$) do estádio de colheita nas concentrações de carboidratos totais (CHO), tanto no Experimento I como no II. Este resultado, provavelmente, ocorreu pela pouca variação nos dados de PB, EE e CZ utilizados na equação de Sniffen et al. (1992).

Os valores médios de pH das silagens não apresentaram diferenças significativas ($p > 0,05$) para o ano de 2005. Entretanto, no ano de 2006 houve aumento ($p < 0,05$) nos valores com o avançar do estádio reprodutivo (Tabela 3). Esse fato leva a crer que a produção de ácidos orgânicos não foi eficiente para manter o valor do pH em torno de 4,0. Todavia, estão condizentes aos valores obtidos em 2005, cujo valor médio foi de 5,3. Entretanto, estes valores estão acima do relatado por Evangelista et al. (2003) que citam pH de 4,3 e Pereira et al. (2008) que observaram pH de 4,69 para a silagem de soja no estádio reprodutivo R6. O pH é um dos principais fatores capazes de determinar o crescimento e a sobrevivência dos microrganismos, além de ser empregado como parâmetro para a qualificação do processo fermentativo da silagem. É importante ressaltar que é possível a preservação da qualidade da forragem ensilada com alto conteúdo

de matéria seca com valores de pH de até 5,0 (WOOLFORD, 1990; PEREIRA; REIS, 2001).

A condutividade elétrica (CE) das silagens de planta de soja mostrou diferença ($p < 0,05$) somente do estádio reprodutivo R5, em relação aos estádios reprodutivos R6 e R7 (Tabela 3). Esses valores de CE evidenciam que as silagens em estádios mais avançados podem estar sujeitas a maiores perdas de conteúdo celular. A mensuração da condutividade elétrica do material em análise, expressa em $\mu\text{S cm}^{-1}$, avalia a intensidade da ruptura celular da forragem submetida ao corte e o consequente lixiviação de íons para a solução (KRAUS et al., 1997).

A capacidade tampão (CT) variou entre 70,55 a 80,70 (e.mg NaOH 100 g MS⁻¹) no Experimento I ou II (2005). Com o avançar do estádio reprodutivo houve elevação ($p < 0,05$) nos valores da CT. Entretanto, no estádio R5 houve menor valor de capacidade tampão (66,40 e.mg NaOH 100 g MS⁻¹) em virtude, provavelmente, da baixa precipitação que ocorreu no mês de março (17 mm) influenciando a composição química da forragem. No Experimento II (2006), a CT também apresentou diferença ($p < 0,05$) no estádio reprodutivo R5 em relação aos outros estádios reprodutivos, com valor médio de 67,3 e.mg NaOH 100 g MS⁻¹. Rodrigues et al. (2004), estudando os efeitos da adição de inoculantes microbianos e polpa cítrica sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa, obtiveram valor médio da CT de 126,22 (meq NaOH 100 g MS⁻¹ de forragem) sem a adição de polpa cítrica e com teores de MS próximos de 20%. Entretanto, com a adição de 12% polpa cítrica na silagem de alfafa obtiveram como valor médio da CT de 50,12 (meq NaOH 100 g MS⁻¹ de forragem), o que credencia o teor de matéria seca da forragem ser avaliado como um fator determinante e de correlação direta com a capacidade tampão.

As perdas de MS total nas silagens durante o período de estocagem de 60 dias encontram-se na Figura 1, e as médias foram comparadas dentro de cada experimento. Em valores absolutos, as silagens do Experimento I apresentaram maiores perdas que as observadas no Experimento II com médias de 8,7 e 4,7%, respectivamente. No Experimento I, o estádio R6 foi o que apresentou maior perda ($p < 0,05$), enquanto as silagens dos estádios R3, R4 e R5 não diferiram entre si, com perdas médias de 7,95%. A maior perda verificada no ano de 2005, no estádio reprodutivo R6 (10,81%), provavelmente deve-se ao elevado teor de matéria seca, o que proporciona dificuldades no processo de compactação, deixando a silagem com baixa densidade. Desta forma, ocorre a presença indesejável de oxigênio no meio promovendo baixa

estabilidade aeróbia da silagem, ocasionando aquecimento do material, resultando em perdas. Em relação as perdas de MS no Experimento II, verificou-se comportamento contrário ao observado no Experimento I. As perdas foram maiores ($p < 0,05$) no estágio R5 em relação ao R6 e R7, fato atribuído especialmente ao teor de MS no momento da ensilagem. Quando comparados à forragem que deu origem, os teores de MS das silagens apresentaram-se, em média, 2,8% inferiores, o que é normal, considerando-se as perdas ocorridas durante o processo de fermentação que, segundo Faria (1986), em condições normais, ocorre em média de 10%. A despeito do teor de MS, as perdas foram pequenas, isso indica boas condições de conservação.

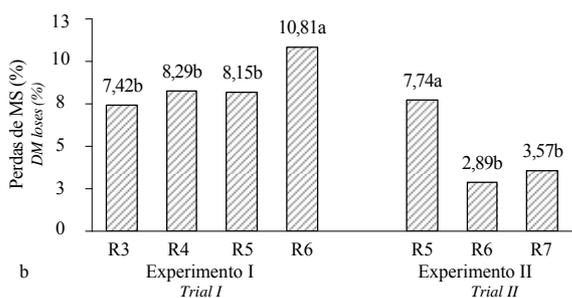


Figura 1. Perdas de matéria seca total de silagens da planta de soja em diferentes estádios reprodutivos, durante a fase de armazenagem (Médias seguidas de letras iguais, dentro de experimento, não diferem pelo teste de Tukey).

Figure 1. Losses of total dry matter of soybean plant silages at different reproductive stages during the storage phase (Means followed by different letters in trials differ ($p < 0.05$) by Tukey test).

Conclusão

O avanço do estágio reprodutivo determina alterações na composição química da silagem de planta de soja, interferindo no valor nutricional.

Como o ano foi atípico com relação à precipitação hídrica, e sem o enchimento dos grãos, nessa situação a soja pode ser colhida nos estádios reprodutivos R5 e R6.

Referências

- AOAC-Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**. 16. ed. Gaithersburg: AOAC International, 1997.
- BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; ZAGO, C. P.; SAMPAIO, I. B. M. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 49, n. 4, p. 441-452, 1997.
- CONAB-Companhia Nacional de Abastecimento. **4º Levantamento de grãos 2007/2008**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/>>. Acesso em: 23 jan. 2008.

COFFEY, K. P.; GRANADE, G. V.; MOYER, J. L. Nutrient content of silage made from whole-plant soybean. **Animal Science**, v. 11, n. 74, p. 74-80, 1995.

DEFFUNE, G.; KLOSOWSKI, E. S. Variabilidade mensal e interanual das precipitações pluviométricas de Maringá, 1976-1994. **Revista Unimar**, v. 17, n. 3, p. 489-499, 1995.

EVANGELISTA, A. R.; RESENDE, P. M.; MACIEL, G. A. **Uso da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) na forma de forragem**. Lavras: UFLA, 2003.

FARIA, V. P. Técnicas de produção de silagens. In: PEIXOTO, A. M.; MOURA, J. C.; FARIA, V. P. **Pastagens: fundamentos da exploração racional**. Piracicaba: Fealq, 1986. p. 323-348.

JACQUES, A. V. A.; STAMMEL, J. G.; RIBOLDI, J. Efeito do estágio de crescimento e altura de corte sobre matéria seca, proteína bruta e minerais da alfafa crioula (*Medicago sativa* L.). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 19., 1982, Piracicaba. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1982. p. 435-436.

KRAUS, T. J.; KOEGEL, R. G.; STRAUB, R. J. Leachate conductivity as an index for quantifying level of forage conditioning. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1997, Minneapolis. **Proceedings...** Minneapolis: ASAE, 1997. p. 1-12.

MELVIN, J. F. Variations in the carbohydrate content of luzerne and the effect on ensilage. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 16, n. 6, p. 951-959, 1965.

MOORE, J. E.; KUNKLE, W. E. Balancing protein and energy in forages. In: FLORIDA BEEF CATTLE SHORT COURSE, 1998, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: University of Florida, 1998. p. 119-126.

MUCK, R. E.; WALGENBACH, R. **Variation in alfalfa buffering capacity**. St. Joseph: ASAE, 1985. (paper n. 85-1535).

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: Universidade Estadual de Maringá, 2001. p. 64-86.

PEREIRA, O. G.; SANTOS, E. M.; ROSA, L. O. Perfil fermentativo e recuperação de matéria seca de silagens de soja tratadas com inoculante e melaço-em-pó. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007. 1 CD-ROOM.

PEREIRA, O. G.; SANTOS, E. M.; ROSA, L. O. Fermentative profile of soybean silage treated with molasses and microbial inoculant. In: INTERNATIONAL GRASSLAND CONGRESS, 21., 2008, Huhhot. **Proceedings...** Guangdong: Guangdong People's Publishing House, 2008. p. 662.

PEREIRA, O. G.; OLIVEIRA, A. S.; RIBEIRO, K. G. Strategies to enable the use of legume silage in ruminant production. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON FORAGE QUALITY AND CONSERVATION, 2009, São Paulo. **Proceedings...** Piracicaba: Fealq, 2009. p. 109-136.

- PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M. Porcentagem, perda e digestibilidade *in vitro* da matéria seca das silagens de 20 genótipos de sorgo. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, v. 52, n. 3, p. 250-255, 2000.
- PLAYNE, M. J.; McDONALD, P. The buffering constituents of herbage and of silage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 17, p. 264-268, 1966.
- RANGRAB, L. H.; MÜHLBACH, P. R. F.; BERTO, J. L. Silagem de alfafa colhida no início do florescimento e submetida ao emurchecimento e à ação de aditivos biológicos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 2, p. 349-356, 2000.
- RIGUEIRA, J. P. S. **Silagem de soja na alimentação de bovinos de corte**. 2008. 63f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.
- RODRIGUES, P. H. M.; ALMEIDA, L. F. S.; LUCCI, C. S.; MELOTTI, L.; LIMA, F. R. Efeitos da adição de inoculantes microbianos sobre o perfil fermentativo da silagem de alfafa adicionada de polpa cítrica. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1646-1653, 2004.
- SCHMIDT, P. **Perdas fermentativas na ensilagem, parâmetros digestivos e desempenho de bovinos de corte alimentados com rações contendo silagens de cana-de-açúcar**. 2006. 228f. Tese (Doutorado em Agronomia)-Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.
- SEDIYAMA, T.; SEDIYAMA, C. S.; REIS, M. S.; PEREIRA, M. G.; MARTINS, O.; DUTRA, J. H.; GOMES, J. L. L.; SEDIYAMA, T.; REZENDE, P. M. `UFV-5`Cultivar de Soja Para Cerrado do Brasil Central. **Revista Ceres**, v. 32, n. 184, p. 525-530, 1985.
- SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002.
- SNIFFEN, C. J.; O'CONNOR, J. D.; VAN SOEST, P. J.; FOX, D. G.; RUSSEL, J. B. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets: II. Carbohydrate and protein availability. **Journal of Animal Science**, v. 70, n. 11, p. 3562-3577, 1992.
- UFV-Universidade Federal de Viçosa. **SAEG-Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas: versão 7.1**. Viçosa: UFV, 1997. Manual do usuário.
- VAN SOEST, P. J.; MANSON, V. C. The influence of the Maillard reaction upon the nutritive value of fibrous feed. **Animal Feed Science and Technology**, v. 32, n. 1-2, p. 45-53, 1991.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994.
- VIEIRA, A. C.; HADDAD, C. M.; CASTRO, F. G. F.; HEISECKE, O. R. P.; VENDRAMINI, J. M. B.; QUECINI, V. M. Produção e valor nutritivo da grama bermuda Florakirk [*Cynodon dactylon* (L.) pers.] em diferentes idades de crescimento. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1185-1191, 1999.
- WOOLFORD, M. K. The detrimental effects of air on silage. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 68, n. 2, p. 101-116, 1990.

Received on September 2, 2008.

Accepted on November 22, 2009.

License information: This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.