

# EFEITO DO TAMANHO DA PARTÍCULA E DO TIPO DE SILO SOBRE O VALOR NUTRITIVO DA SILAGEM DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR*, L. MOENCH)

MIKAEL NEUMANN<sup>1</sup> JOÃO RESTLE<sup>2</sup> IVAN LUIS BRONDANI<sup>3</sup> JOSÉ LAERTE NÖRNBERG<sup>4</sup>  
RENIUS DE OLIVEIRA MELLO<sup>5</sup> ALEXANDRE NUNES MOTTA DE SOUZA<sup>6</sup> LUIZ GIOVANI DE  
PELLEGRINI<sup>6</sup>

<sup>1</sup> Engenheiro Agrônomo, MSc., Doutorando em Zootecnia na UFRGS, Professor do Departamento de Medicina Veterinária da UNICENTRO, PR. E-mail: mikaelneumann@hotmail.com - Autor para correspondência.

<sup>2</sup> Engenheiro Agrônomo, PhD., Pesquisador do CNPq. E-mail: jorestle@terra.com.br

<sup>3</sup> Zootecnista, Dr., Professor do Departamento de Zootecnia da UFSM.

<sup>4</sup> Médico Veterinário, Dr. Agr. Sci., Professor do Departamento de Tecnologia de alimentos da UFSM.

<sup>5</sup> Zootecnista, Mestrando em Zootecnia na UFV.

<sup>6</sup> Médico Veterinário, Mestrando em Zootecnia na UFRGS.

---

Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.4, n.2, p.224-242, 2005

**RESUMO:** O experimento foi conduzido com o objetivo de avaliar o efeito do tamanho da partícula (pequena = 1,4 cm e grande = 3,5 cm) sobre a composição bromatológica e o perfil fermentativo da silagem de sorgo obtida em diferentes tipos de silo de conservação (tipo laboratorial PVC e tipo comercial torta). Depois de abertos os silos, estes foram amostrados, para as análises laboratoriais. Os resultados mostraram que parâmetros como teor de matéria seca, de proteína bruta e conteúdo de lignina das silagens produzidas não tiveram efeitos associativos ou isolados ( $P > 0,05$ ) frente aos fatores tamanho de partícula (pequena e grande) e tipo de silo de conservação (tipo experimental - PVC e tipo torta). Os parâmetros N insolúvel em detergente neutro, N insolúvel em detergente ácido, fibra em detergente ácido, celulose, digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica, energia digestível e eficiência de compactação com base na matéria seca ou matéria verde das silagens experimentais tenderam a apresentar qualidade diferenciada ( $P < 0,05$ ), sob efeitos individuais do tamanho da partícula ou do tipo de silo de conservação, enquanto parâmetros como N amoniacal, pH, teores de matéria orgânica, fibra em detergente neutro e hemicelulose mostraram-se diretamente dependentes do efeito associativo entre tamanho da partícula e tipo de silo.

**Palavras chave:** fermentação da silagem, silo tipo torta, silo tipo laboratorial, sorgo silageiro

## EFFECT OF PARTICLE SIZE AND SILO TYPE ON NUTRITIONAL VALUES OF SORGHUM SILAGE (*SORGHUM BICOLOR*, L. MOENCH)

**ABSTRACT:** The experiment was conducted with the purpose of evaluating particle size (small = 1.4 cm and large = 3.5 cm) upon the chemical composition and fermentation characteristics of sorghum silage obtained from different conservation silo types (PVC laboratory type and pie commercial type). The values obtained showed that parameters such as dry matter, crude protein and lignin content did not have associated or isolated effects ( $P > 05$ ) on particle size (small and large) and type of conservation silo (PVC experimental and pie commercial types). The parameters: insoluble nitrogen in neutral detergent, insoluble nitrogen in acid detergent, fiber in acid detergent, cellulose, organic

matter in vitro digestibility, digestible energy and compact efficiency based on the dry matter or green matter of experimental silage tended to present different nutritional quality ( $P < 0.05$ ) under individual effect of particle sizes or type of conservation silo, while parameters such as ammoniacal nitrogen, pH, organic matter content, fiber in neutral detergent and hemicellulose proved to be dependent on the effect between particle size and silo type.

**Key Words:** forage sorghum, laboratory type silo, pie type silo, silage fermentation

Nos sistemas intensivos de produção de bovinos de carne e leite, o uso de volumosos, na forma de silagem, é de fundamental importância quanto aos aspectos relacionados a um manejo racional, na conservação e na sustentabilidade das áreas pastoris perenes da propriedade, e ao uso estratégico na formulação das rações em determinados períodos, visando à manutenção de taxas de ganho de pesos e/ou de produção de leite dos animais. A utilização de silagem na dieta dos animais representa uma tecnologia que tem contribuído significativamente para incrementos nos índices produtivos do rebanho bovino e na redução dos custos de produção e operacionais do setor. Aspectos ligados ao setor de produção, de conservação e de manutenção do valor nutritivo da silagem notadamente são ignorados pelos produtores, o que evidencia a necessidade de mais estudos nessa área.

Em regiões geográficas que apresentam limitações edafoclimáticas à exploração máxima do potencial da cultura do milho, o sorgo forrageiro tem-se mostrado como uma alternativa técnica e economicamente viável visando à produção de silagem de qualidade, em função de sua maior tolerância a solos ácidos, a períodos críticos de estresse hídrico e a eventuais ocorrências de pragas e doenças, quando comparado com o milho.

A qualidade da silagem depende da eficiência do processo fermentativo do material

ensilado, o qual é afetado pelas condições do meio no armazenamento (umidade, temperatura, presença de oxigênio, concentração de carboidratos solúveis e características particulares da composição física e química da planta ensilada), podendo proporcionar a obtenção de silagens com variados valores nutritivos a partir de um mesmo tipo de forragem (Neumann, 2001). A partir do corte da forragem, variadas perdas quanti-qualitativas começam a ocorrer no material a ser ensilado, dentre elas, as das frações nitrogenadas via proteólise, sendo esse processo dependente principalmente do pH, do tempo de ensilagem, do conteúdo de matéria seca, da concentração de oxigênio e da temperatura. Segundo Neumann (2001), práticas simples, como o monitoramento dos índices de pH e da concentração de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3/NT$ ), podem ser bons indicadores das condições de fermentação da silagem e podem determinar de forma direta a identificação de silagens de baixo consumo e as de boa aceitabilidade pelos animais.

Revisões de literatura realizadas por Neumann (2001) constatam que grande parte dos trabalhos de pesquisa que avaliam a qualidade e o valor nutritivo da silagem de híbridos de sorgo (Bernardino *et al.*, 1997; Borges *et al.*, 1997; Rodriguez *et al.*, 1998; Gonçalves *et al.*, 1998; Gonçalves *et al.*, 1999; Pesce *et al.*, 2000b) foram realizados em silos experimentais de PVC (tipo laboratorial), que podem, em

muitos casos, não refletir a realidade do processo de armazenamento da silagem que ocorre nas propriedades, já que estas utilizam outros tipos de silo (tipo trincheira e de superfície ou tipo torta) e operam com quantidades muito maiores.

Segundo Rodrigues *et al.* (2002), a literatura apresenta grande diversidade de silos utilizados em experimentos para avaliação do valor nutritivo da silagem. Embora aceite-se que tais unidades de experimentação reproduzam as condições anaeróbias básicas, para avaliar a silagem, há indícios de que, dependendo das condições de armazenamento, os resultados obtidos podem não representar exatamente aqueles observados no campo. Gonçalves *et al.* (1999) e Pesce *et al.* (2000a), avaliando diferentes híbridos de sorgo ensilados em silos de PVC, observaram inexistência aparente de fermentações secundárias e pequenas variações ocorridas no processo de fermentação dos híbridos silageiros estudados. Tais fatos foram atribuídos ao tipo de silo utilizado ou ao tipo de vedação empregada.

Durante o processo de produção, vários fatores influenciam para a obtenção de silagem com alta qualidade, entre eles, a produtividade da lavoura e a conservação adequada do material ensilado. Relatos de Mühlbach (1999) mostram que os vários processos que ocorrem no interior do silo podem ter origem na planta ensilada (processos de origem endógena que englobam a respiração, a lise celular, a proteólise e a degradação enzimática de oligossacarídeos a açúcares simples), na ação de microorganismos (ação aeróbia de fungos, leveduras e entero-bactérias ou anaeróbia controlada por lactobacilos ou por bactérias clostrídicas) e/ou em reações químicas (por exemplo, a reação de "Maillard" ou a hidrólise da hemicelulose da

planta, destacando-se como fator fundamental para ocorrência de perdas e/ou na manutenção da qualidade da silagem). Tais processos, segundo o mesmo autor, são dependentes das condições de meio ambiente no interior do silo. Silagens mal conservadas apresentam desenvolvimento de microorganismos clostrídicos e caracterizam-se por índices elevados no pH e por altas concentrações de amônia e de ácido butírico. McDonald *et al.* (1991) inferem que, do nitrogênio total das forragens, de 75 a 90%, encontram-se na forma de proteínas. Segundo Soest (1994), a degradação protéica por enzimas das plantas e a ação de bactérias lácticas, entéricas e clostrídios alteram significativamente a composição da fração nitrogenada.

Os investimentos financeiros aplicados no processo de planejamento e execução de lavouras para silagem podem ser desperdiçados, caso a ensilagem não seja feita corretamente. Aspectos ligados ao tamanho das partículas ensiladas, interferem no tempo de fechamento do silo e na eficiência de compactação, estando ainda associados ao tipo de silo e de vedação utilizada na armazenagem, pois esses fatores afetam o grau de manutenção do valor nutritivo da silagem, além de definir o real custo de produção.

O tamanho da partícula ensilada, em nível prático de propriedades rurais, notadamente é muito variável durante a produção de silagem e relaciona-se diretamente com a potência do trator e/ou a regulagem da ensiladeira utilizada. 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 anaeróbia. Como conseqüências, preserva o valor nutritivo da massa

ensilada e minimiza as perdas. Segundo Balsalobre *et al.* (2001), o uso de partículas pequenas na confecção de silagens define menores custos de produção e promove menores perdas físicas durante a retirada e distribuição da silagem no cocho, associando-se, neste caso, ao tipo de sistema de desensilagem.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar o efeito associativo do tamanho da partícula (pequena e grande) ao tipo de silo (tipo laboratorial PVC e tipo de superfície, também chamado de torta) sobre a composição bromatológica e o perfil fermentativo da silagem de sorgo.

### Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Departamento de Zootecnia e no Núcleo Integrado de Desenvolvimento de Análises Laboratoriais do Departamento de Tecnologia e Ciência de Alimentos da Universidade Federal de Santa Maria, localizada fisiograficamente na Depressão Central do Estado do Rio Grande do Sul, a uma altitude de 95 m. Cartograficamente, se localiza a 29°43' de latitude Sul e 53°42' de longitude Oeste (BRASIL, 1973). O solo pertence à unidade de mapeamento São Pedro, classificado como Argiloso Vermelho Distrófico Arênico (EMBRAPA, 1999). A unidade caracteriza-se por apresentar solos de textura superficial arenosa e friável, sendo naturalmente ácidos, pobres em matéria orgânica e na maioria dos nutrientes, com baixa saturação de bases. O clima da região é o Cfa (Subtropical úmido), conforme a classificação de Köppen, com precipitação média anual de 1.769 mm, temperatura média anual de 19,2°C, com média mínima de 9,3°C em julho e média máxima de 24,7°C em janeiro, insolação de 2.212 horas

anuais e umidade relativa do ar de 82% (Moreno, 1961).

Foram avaliados os efeitos de dois tamanhos de picagem (partícula pequena, com média de 1,4 cm, e grande, com média de 3,5 cm) e dois sistemas de armazenagem (silo de superfície ou tipo “torta” versus silo tipo “PVC laboratorial”) sobre as características químico-bromatológicas da silagem. Os tratamentos testados foram: T<sub>1</sub> – silagem de partícula pequena com armazenagem em silo tipo “torta”; T<sub>2</sub> – silagem de partícula grande com armazenagem em silo tipo “torta”; T<sub>3</sub> – silagem de partícula pequena com armazenagem em silo tipo “PVC laboratorial”; T<sub>4</sub> – silagem de partícula grande com armazenagem em silo tipo “PVC laboratorial”.

As silagens do híbrido de sorgo AG-2002, de caráter forrageiro, foram produzidas em uma área de oito hectares, com características de manejo e fertilidade do solo adequadas ao cultivo dessa cultura. O solo da área experimental apresentou as seguintes características químicas: pH água: 5,0; P: 9,6 mg/l; K: 69,6 mg/l; MO: 2,9%; Al: 0,9 cmol/l; Ca: 6,0 cmol/l; Mg: 3,3 cmol/l; CTC efetiva: 10,5 cmol/l; e saturação de bases: 60%. A lavoura foi implantada em sistema de plantio direto, na resteva do azevém (*Lolium multiflorum*), dessecada com Glifosato. As sementes de sorgo foram tratadas com inseticida a base de Tiodicarb, no plantio. A plantadeira utilizada foi regulada com espaçamento entre linhas de 80 cm e profundidade de semeadura de 1 cm.

A adubação de base foi constituída de 350 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante NPK, na formulação 10-18-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), conforme Sociedade (1995), e em cobertura, 30 dias após o plantio, foram aplicados 150 kg ha<sup>-1</sup> de uréia. A condução das lavouras de sorgo não envolveu

práticas agronômicas de controle de plantas daninhas e enfermidades com produtos químicos ou práticas culturais.

As plantas de sorgo foram colhidas entre os estádios reprodutivos de grão farináceo a duro, conforme recomendações de Demarchi (1993). O corte das plantas foi feito com uma ensiladeira regulada com altura de corte média das plantas em 20 cm e com tamanhos médios de picado de 1,4 cm (partículas pequenas) e de 3,5 cm (partículas grandes). O material colhido foi transportado, depositado e armazenado em local previamente nivelado e bem drenado, e compactado com o auxílio de um trator em sistema de silos de superfície do tipo "torta". Foram confeccionados seis silos de superfície do tipo torta, sendo três com partículas pequenas e com três partículas grandes. No momento da ensilagem, foram coletadas amostras compostas de material original em cada silo confeccionado, para análises laboratoriais. Os silos foram vedados e protegidos com lona de polietileno de três camadas e as dimensões finais de cada silo foram 4,5 m de largura, 1,2 m de altura e 8 m de comprimento. Paralelamente ao processo de confecção de cada silo de superfície, foram confeccionados seis silos do tipo laboratorial de PVC (10 cm de diâmetro e 45 cm de comprimento), equipados com válvula do tipo "bunsen", para o livre escape dos gases.

A abertura dos silos do tipo laboratorial e do tipo superfície, ocorreu, em média, 60 dias após a confecção da silagem. Amostras compostas de silagem foram retiradas, pesadas e pré-secadas em estufa de ar forçado a 55°C, por 72 horas, de forma homogênea e representativa em cada silo testado. As amostras foram retiradas da estufa, equalizadas as temperaturas entre amostra e meio ambiente e pesadas novamente, para determinação do teor de matéria

parcialmente seca, sendo sequencialmente moídas em moinho tipo "Willey", com peneira de malha de 1 mm.

Nas amostras pré-secas das silagens, determinaram-se nitrogênio total (NT), pelo método micro Kjeldahl, sendo multiplicado pelo fator 6,25, para obtenção do teor da proteína bruta (PB) e matéria mineral (MM), por incineração a 550 °C, sendo a matéria orgânica (MO) obtida por diferença (% MO = 100 - MM), conforme Willians (1984). A digestibilidade "*in vitro*" da matéria orgânica (DIVMO) foi determinada conforme técnica descrita por Tilley & Terry (1963); o teor de fibra insolúvel em detergente neutro (FDN), os teores de fibra insolúvel em detergente ácido (FDA) e lignina (LDA), de acordo com Soest *et al.* (1991). O nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e o nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) foram determinados utilizando a metodologia descrita por Licitra *et al.* (1996). Para o cálculo da energia digestível (ED, Mcal/kg de MS), utilizou-se equação sugerida pelo Agricultural (1980), com base na digestibilidade "*in vitro*" da matéria orgânica (DIVMO, %) e na matéria orgânica (MO, %) das silagens, em que:  $ED = (DIVMO \times MO \times 19) \div 4,18$ .

Amostras de silagem, coletadas em três silos de cada tratamento, na forma "*in natura*", foram trituradas e utilizadas para análise de pH, por intermédio de potenciômetro digital (Digimed) e do nitrogênio amoniacal, como porcentagem do nitrogênio total (N-NH<sub>3</sub>/NT), conforme técnica descrita pela Cunniff (1995).

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, composto por quatro tratamentos e três repetições, em um esquema fatorial 2 x 2, sendo dois sistemas de colheita das plantas de sorgo para ensilagem (tamanhos de partículas: pequena e grande) e

dois sistemas de armazenagem (sistema silo de superfície tipo “torta” e silo tipo “PVC laboratorial”). Os dados coletados para cada parâmetro foram submetidos à análise de variância, com comparação das médias ao nível de significância de 5%, por intermédio do programa estatístico SAS (1993). O modelo estatístico utilizado foi o seguinte:  $Y_{ijkl} = \mu + TP_i + TS_j + (TP*TS)_{ijk} + E_{ijkl}$ ; em que;  $Y_{ijkl}$  = variáveis dependentes;  $\mu$  = média das observações;  $TP_i$  = efeito do tamanho da partícula de ordem “i”, sendo 1 (silagem com tamanho de partícula pequena) e 2 (silagem com tamanho de partícula grande);  $TS_j$  = efeito do tipo de silo de ordem “j”, sendo 1 (sistema de armazenagem

com silo de superfície tipo “torta”) e 2 (sistema de armazenagem com silo tipo “PVC laboratorial”);  $(TP*TS)_{ijk}$  = efeito da interação entre a i-ésimo tamanho do picado com o j-ésimo tipo de silo;  $E_{ijkl}$  = erro aleatório, assumindo distribuição normal média igual a zero e variância  $\sigma^2$ .

### Resultados e Discussão

Nas Tabelas 1 e 2, respectivamente, constam os resultados médios do comportamento agrônomo produtivo e a composição bromatológica da planta do híbrido de sorgo AG-2002, utilizado na confecção das silagens.

**TABELA 1.** Comportamento agrônomo produtivo do híbrido de sorgo AG-2002, utilizado para confecção das silagens.

Parâmetros	Valores médios
Ciclo produtivo (intervalo entre plantio e colheita)	144 dias
População final de plantas por hectare	82.281 plantas
Altura da planta	2,28 m
Produção de matéria verde ensilável	25.364 kg h <sup>-1</sup>
Produção de matéria seca ensilável	9.405 kg h <sup>-1</sup>
Composição física estrutural da planta (base seca)	
Colmo	46,7%
Folhas	20,8%
Panícula	32,6%

No presente trabalho, o híbrido forrageiro AG-2002 apresentou comportamento agrônômico semelhante aos resultados obtidos por Neumann *et al.* (2002a), com valores de ciclo produtivo de 140 dias, altura média de planta de 2,59 m, produção de MS de 8.610 kg/ha e participação, na base seca, de 56,8% de colmo, 18,9% de folhas e 24,3% de panícula na constituição física da planta.

Na comparação dos teores de MS e PB, entre material original e silagem (Tabela 2), houve similaridades nos valores encontrados ( $P>0,05$ ), sendo semelhante a resultados obtidos de outros autores (Rodriguez *et al.*, 1999; Pesce *et al.* 2000b e Neumann *et al.*, 2002a). Para os teores de MO, verifica-se que o processo de ensilagem promoveu redução significativa (96,56 contra 94,85 % da MS).

**TABELA 2.** Teores médios de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), hemicelulose (HEM), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL) e lignina + cinzas (LDA) da planta, dos componentes físicos estruturais e da silagem do híbrido de sorgo AG-2002.

Parâmetros	Material original (planta)	Componentes físicos estruturais da planta			Silagem <sup>1</sup>
		Colmo	Folhas	Panícula	
			(%)		
MS	37,08 A	29,64	48,92	71,16	35,48 A
			MS (%)		
PB	4,55 A	1,06	5,23	8,44	4,83 A
MO	96,56 A	96,83	94,95	97,89	94,85 B
FDN	62,23 A	49,44	68,82	44,32	61,15 B
HEM	25,29 A	32,45	29,30	31,24	22,00 B
FDA	36,94 B	28,70	39,52	13,08	39,15 A
CEL	28,08 A	23,38	31,31	8,47	29,89 A
LDA	8,86 A	5,32	8,21	4,61	9,26 A

Médias na linha, seguidas por letras maiúsculas diferentes para cada variável, na comparação entre material original e silagem, diferem pelo teste “t” a 5%.

<sup>1</sup>Média geral de todos tratamentos avaliados.

Neumann *et al.* (2002a) inferem que o teor de MS com a ensilagem pode variar por fatores de ordem técnica, ligados à regulagem da ensiladeira na colheita, à distância de transporte entre lavoura e o silo de armazenamento, ao tempo de enchimento, ao sistema de compactação e à vedação do silo no decorrer do processo de confecção da silagem.

Os teores de FDN e FDA do material original, quando comparado à silagem, diferiram ( $P < 0,05$ ) entre si. Os teores de FDN (62,23%) e de FDA (36,94%) observados no material original, respectivamente, e numericamente, mostraram redução de 1,74% nos teores de FDN e acréscimo de 5,98% nos teores de FDA com a ensilagem. Esse processo pode ser explicado, dentre outros fatores, pela respiração das partículas no momento de ensilagem, pelo êxito da ocorrência de hidrólise de algum componente de FDN, em especial a hemicelulose (Neumann *et al.*, 2002a) ou pela ocorrência de formação de efluentes (Soest, 1994), ocorrida durante o processo fermentativo, no qual os compostos solúveis são aumentados ou reduzidos proporcionalmente à fração fibrosa da silagem, pela formação de ácidos de fermentação.

Trabalhos de comparação entre material original e silagem de diferentes híbridos de milho realizados por Almeida Filho *et al.* (1999), mostraram que há aumentos dos teores de FDN durante o processo de ensilagem de milho, fato que pode estar associado, segundo esses autores, à hidrólise da fração hemicelulose, enquanto que, para os teores de FDA, observaram variação heterogênea, com decréscimos ou acréscimos de valores na comparação das diferentes cultivares. Segundo Reis & Jobim (2001), a elevação nos valores de FDA pode ser explicada pelo efeito de diluição, em que, com o decréscimo nos conteúdos dos carboidratos solúveis e de

hemicelulose, e a pequena diminuição de FDA, houve a elevação proporcional destes valores, uma vez que os dados são expressos em % da MS.

Na análise dos constituintes da parede celular, os teores de CEL e LDA (lignina + cinzas na FDA) foram similares ( $P > 0,05$ ), respectivamente, na comparação entre material original (28,08 e 8,86%) e silagem (29,89 e 9,26%), enquanto que os teores de HEM do material original (25,29%) se reduziram ( $P < 0,05$ ) com a ensilagem (22,00%), representando proporção de 13,01%. Pesce *et al.* (2000b), avaliando 20 genótipos de sorgo para silagem, concluíram que os teores médios de FDN, FDA e CEL foram reduzidos após o processo de ensilagem. Porém, ao analisarem as médias individuais dos 20 genótipos de sorgo, verificaram que nem todos, dentre eles o híbrido AG-2002, apresentaram o mesmo comportamento.

Os dados dos teores de matéria seca (MS), de proteína bruta (PB), de nitrogênio amoniacal ( $N-NH_3$ ), de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN), de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) e do pH da silagem de sorgo, em função do tamanho da partícula e do tipo de silo de armazenagem, são apresentados na Tabela 3. A interação entre tamanho de partícula e tipo de silo foi significativa ( $P < 0,05$ ) para a concentração de  $N-NH_3$  e pH, nas silagens avaliadas.

De maneira geral, não houve efeitos individuais ou combinados do tamanho da partícula e do tipo de silo ( $P > 0,05$ ) para os teores de MS e de PB, apresentando valores médios de 35,48 e de 4,83%, respectivamente. Apesar de os valores de PB terem se mantido semelhantes ao longo da fermentação da massa ensilada nos diferentes tratamentos, observados por ocasião da abertura dos silos, constata-se, pela Tabela 3, que



**TABELA 3.** Teores de matéria seca (MS), de proteína bruta (PB), de nitrogênio amoniacal (N-NH<sub>3</sub>), de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) da silagem de sorgo, em função do tamanho de partícula e do tipo de silo.

Sistema de ensilagem	Condição de armazenagem		Média
	Silo tipo “torta”	Silo tipo “laboratorial”	
MS (%)			
Partícula pequena	35,12	35,29	35,20 A
Partícula grande	36,59	34,95	35,77 A
Média	35,85 A	35,12 A	
PB (% MS)			
Partícula pequena	4,45	5,14	4,80 A
Partícula grande	5,13	4,61	4,87 A
Média	4,79 A	4,87 A	
N-NH <sub>3</sub> (% NT)			
Partícula pequena	3,66 ab	3,46 ab	3,56
Partícula grande	1,25 b	3,90 a	2,58
Média	2,45	3,68	
NIDN (% NT)			
Partícula pequena	56,25	44,00	50,13 A
Partícula grande	51,91	46,66	49,28 A
Média	54,08 A	45,33 B	
NIDA (% NT)			
Partícula pequena	59,07	51,46	55,26 A
Partícula grande	37,01	35,92	36,47 B
Média	48,04 A	43,69 B	
pH			
Partícula pequena	3,79 a	3,56 b	3,68
Partícula grande	3,73 a	3,59 b	3,66
Média	3,76	3,57	

Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si (P<0,05), pelo Teste Tukey. Médias na linha ou na coluna, seguidas por letras maiúsculas diferentes, diferem (P<0,05), pelo Teste “t”.

as frações nitrogenadas modificaram-se significativamente, indicando grau da proteólise.

Conforme pode ser verificado na Tabela 3, a maior concentração de N-NH<sub>3</sub> ocorreu na silagem obtida da associação silo do tipo laboratorial e tamanho de picado grande (3,90% do NT) e menor concentração de N-NH<sub>3</sub> na silagem obtida, em silo do tipo torta, com tamanho de picado grande (1,25% do NT). Na confecção de silagens com partículas de tamanho pequeno, não se observaram diferenças quanto à porcentagem de N-NH<sub>3</sub>, tanto em silos do tipo laboratorial (3,46% do NT) como do tipo torta (3,66% do NT).

O N-amoniaco indica a quantidade de proteína degradada durante a fase de fermentação ou a ocorrência eventual de aquecimento excessivo da massa no silo, que pode ser ocasionada por meio de reações de “Maillard”, sendo, segundo Pigurina (1991), um dos parâmetros determinantes da qualidade da fermentação. Para McDonald *et al.* (1991), silagens mal preservadas apresentam níveis de amônia superiores a 20%, sendo essa amônia derivada do catabolismo de aminoácidos, entre outros produtos de degradação, como aminas, cetoácidos e ácidos graxos, por meio de três processos bioquímicos: deaminação, descarboxilação e reações de oxidação e redução. No presente trabalho, os teores médios de N-NH<sub>3</sub> das silagens, independente dos tratamentos, foram abaixo de 10% do N total, indicando, segundo Oshima & McDonald (1978) e Borges *et al.* (1997), que houve fermentação láctica adequada. Segundo Soest (1994), em situações de fermentações secundárias na silagem, o N-solúvel e o N-amoniaco formam-se da ação de microorganismos específicos, em que as concentrações desses metabólicos são consequência da extensão da atividade de colônias desses

microorganismos em microambientes favoráveis a seu crescimento no interior do silo.

No presente trabalho, os teores de N-amoniaco das silagens avaliadas não apresentaram relação com as demais variáveis. Gonçalves *et al.* (1999), ao compararem silagens de diferentes híbridos de sorgo, observaram menores concentrações de N-amoniaco em silagens com maiores conteúdos de MS. Dados de literatura mostram, de maneira geral, que a diferença encontrada entre os diferentes tratamentos é resultado da proteólise, que pode estar associada a diversos fatores, não somente ao teor de MS, mas às quantidades de carboidratos fermentáveis (Meeske *et al.*, 1993), à concentração protéica (Moisio & Heikonen, 1994), à umidade de colmo e aos teores de tanino (Borges *et al.*, 1997, Rodriguez *et al.*, 1998, Gonçalves *et al.*, 1999), ao pH, ao tempo de ensilagem e à temperatura de fermentação da silagem (Rodriguez *et al.*, 1998).

Na média geral dos efeitos individuais, houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre as frações protéicas das silagens, mostrando maiores concentrações da fração protéica b<sub>3</sub>, dada pelo nitrogênio insolúvel em detergente neutro (54,08 contra 45,33% NT) e da fração c, dada pelo nitrogênio insolúvel em detergente ácido (48,04 contra 43,69% NT) nas silagens produzidas em silos do tipo laboratorial, quando comparadas aquelas produzidas em silos tipo torta, respectivamente. Já na avaliação do efeito individual tamanho de partícula, concentrações de NIDN foram semelhantes ( $P > 0,05$ ) entre partículas pequenas (50,13% do NT) e partículas grandes (49,28% do NT), enquanto que maiores concentrações de NIDA foram obtidas em silagens confeccionadas a partir de partículas pequenas (55,26% do NT), quando comparadas àquelas produzidas a partir de partículas grandes (36,47% do NT).

Rodrigues *et al.* (2002), avaliando a composição bromatológica e o perfil fermentativo da silagem de capim-elefante, verificaram, em condições de compactação da matéria seca de 198 kg/m<sup>3</sup>, menores teores de NIDA em silo comercial do tipo trincheira (28,3% NT), quando comparado aos silos experimentais do tipo balde plástico (33,0% NT), do tipo sacos de plástico (32,1% NT) e do tipo manilhas de concreto (41,0% NT).

Tipo de silo e tamanho de partícula da massa ensilada interagiram para os valores de pH. Maiores índices de pH ( $P < 0,05$ ) foram observados em silagens produzidas a partir de silos do tipo torta, com tamanho de partículas tanto pequenas (3,79) como grandes (3,73), em comparação aquelas obtidas em silos experimentais do tipo PVC, com tamanho de partículas pequenas (3,56) e grandes (3,59). Mesmo não sabendo a velocidade de redução do pH das silagens avaliadas durante o processo de fermentação, de maneira geral, as silagens seriam classificadas, segundo Borges *et al.* (1997), como de muito boa qualidade, por apresentarem valores de pH inferiores a 3,8.

Rodrigues *et al.* (2002) verificaram que o tipo de silo e a densidade da massa ensilada interagem entre si para os valores de pH e concentração de nitrogênio amoniacal.

Com base nos dados da Tabela 4, verifica-se que o tipo de silo e o tamanho da partícula da massa ensilada interagiram ( $P < 0,05$ ) para os valores de FDN e hemicelulose. Maiores ( $P < 0,05$ ) teores de FDN ocorreram nas silagens obtidas na associação silo do tipo torta com tamanho de picado, tanto pequeno (62,70%) como grande (63,56%), e menor teor de FDN na silagem obtida em silo do tipo laboratorial, com tamanho de picado pequeno (57,45%). Para os teores de hemicelulose, maior valor foi observado para a silagem de partícula pequena obtida em silo do

tipo torta (25,62%), diferindo ( $P < 0,05$ ) das demais combinações: partícula pequena e silo tipo torta (20,39% da MS), partícula pequena e silo tipo laboratorial (22,00% da MS) e partícula grande e silo tipo laboratorial (19,97% da MS).

Na média geral dos efeitos individuais, houve diferença estatística ( $P < 0,05$ ) entre as frações FDA e celulose das silagens avaliadas, mostrando maiores concentrações de FDA (40,12 contra 38,18% da MS) e de celulose (31,13 contra 28,65% da MS) nas silagens produzidas em silos tipo torta, quando comparadas àquelas produzidas em silos tipo laboratorial, respectivamente. Já na avaliação do efeito individual tamanho de partícula, maiores concentrações de FDA e celulose foram obtidas em silagens confeccionadas a partir de partículas grandes (42,04 e 32,32% da MS, respectivamente) quando comparadas àquelas produzidas a partir de partículas pequenas (36,26 e 27,46% da MS, respectivamente).

Os teores de lignina (8,99 contra 9,53% da MS) não apresentaram diferenças estatísticas entre os silos tipo torta e laboratorial, assim como entre tamanho da partícula pequena e grande (8,80 contra 9,72% da MS), respectivamente. Segundo Neumann *et al.* (2002b), as frações estruturais celulose e lignina mantêm-se constantes e estáveis na fase fermentativa da massa ensilada e somente serão decrescidas com a presença de fungos aeróbios.

As silagens de sorgo produzidas em silos tipo torta apresentaram maiores ( $P < 0,05$ ) concentrações de FDN, FDA e celulose (Tabela 4), assim como maiores ( $P < 0,05$ ), respectivamente, coeficientes de digestibilidade *in vitro* da matéria orgânica (51,58 contra 47,23%) e maiores concentrações de energia digestível (2,22 contra 2,02 Mcal/kg de MS) (Tabela 5), em comparação ao silo do tipo laboratorial. Esse comportamento sugere que silagens produzidas em silos

**TABELA 4.** Constituintes da parede celular: fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose (HEM), celulose (CEL) e lignina (LDA) da silagem de sorgo, em função tamanho de partícula e tipo de silo.

Sistema de ensilagem	Condição de armazenagem		Média
	Silo tipo “torta”	Silo tipo “laboratorial”	
FDN (% MS)			
Partícula pequena	62,70 a	57,45 c	60,08
Partícula grande	63,56 a	60,90 b	62,23
Média	63,13	59,17	
FDA (% MS)			
Partícula pequena	37,08	35,44	36,26 B
Partícula grande	43,16	40,92	42,04 A
Média	40,12 A	38,18 B	
Hemicelulose (% MS)			
Partícula pequena	25,62 a	22,00 b	23,81
Partícula grande	20,39 b	19,97 b	20,18
Média	23,00	20,98	
Celulose (% MS)			
Partícula pequena	28,29	26,63	27,46 B
Partícula grande	33,97	30,67	32,32 A
Média	31,13 A	28,65 B	
LDA (% MS)			
Partícula pequena	8,79	8,81	8,80 A
Partícula grande	9,19	10,25	9,72 A
Média	8,99 A	9,53 A	

Médias seguidas de letras minúsculas diferem entre si ( $P < 0,05$ ), pelo Teste Tukey. Médias na linha ou na coluna, seguidas de letras maiúsculas diferentes, diferem ( $P < 0,05$ ), pelo Teste “t”.

do tipo torta, apesar de apresentarem maiores teores de FDN e FDA, apresentam maiores coeficientes de digestibilidade da porção hemicelulose e da celulose *in vitro* frente à silagem produzida em silo do tipo laboratorial.

As diferenças de comportamento observadas entre os dois tipos de silo para os teores de FDN e FDA da silagem e sua resposta análoga aos respectivos coeficientes de digestibilidade sugerem, segundo ponderações de Rodrigues *et al.* (2002), que a variabilidade encontrada entre os diferentes extratos, a partir da superfície do silo tipo torta, é maior que a própria variação entre diferentes tipos de silos e graus de compactação, tornando difícil estabelecer o potencial de uso de

silos experimentais para representar os processos fermentativos do silo de campo.

Conforme dados da Tabela 6, o menor teor de MO ocorreu na silagem obtida da associação silo do tipo laboratorial e tamanho de picado grande (93,72%), diferindo ( $P < 0,05$ ) das demais combinações: silagem obtida em silo do tipo laboratorial com tamanho de picado pequeno (94,98%) e silagens obtidas em silos do tipo torta com tamanho de picado pequeno (95,50%) ou grande (95,15%).

Não houve interação significativa entre tipo de silo e tamanho de partícula para os parâmetros DIMVO e ED (Tabela 5) e ECMV e ECMS (Tabela 6).

**TABELA 5.** Teores de matéria orgânica (MO), digestibilidade “*in vitro*” da matéria orgânica (DIVMO), energia digestível (ED), perdas de matéria seca e eficiência de compactação da silagem de sorgo em função tamanho da partícula e tipo de silo.

Sistema de ensilagem	Condição de armazenagem		Média
	Silo tipo “torta”	Silo tipo “laboratorial”	
MO (% MS)			
Partícula pequena	95,50 a	94,98 a	95,24
Partícula grande	95,15 a	93,72 b	94,44
Média	95,33	94,48	
DIVMO (%)			
Partícula pequena	52,87	47,13	50,00 A
Partícula grande	49,88	47,34	48,61 A
Média	51,58 A	47,23 B	
ED, Mcal kg <sup>-1</sup> de MS			
Partícula pequena	2,295	2,035	2,165 A
Partícula grande	2,158	2,017	2,087 A
Média	2,226 A	2,026 B	

Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si ( $P < 0,05$ ), pelo Teste Tukey. Médias na linha ou na coluna, seguidas por letras maiúsculas diferentes, diferem ( $P < 0,05$ ), pelo Teste “t”.

Durante o processo de fermentação do silo, podem ocorrer alterações significativas na DIVMO, de acordo com a constituição física percentual da planta do material ensilado. Segundo Cummins (1971), a DIVMO dos componentes físicos da planta (colmo, folhas e grãos) se alteram com o processo de ensilagem, de forma não análoga, observando-se no componente grão aumento significativo da DIVMO, enquanto que, nos componentes colmo e folhas, os coeficientes permanecem praticamente inalterados.

Pesce *et al.* (2000a), trabalhando com 20 genótipos de sorgo, encontraram coeficientes de DIVMO para o híbrido AG-2002 semelhantes aos resultados do presente trabalho. Segundo esses autores, o raciocínio mais correto para prever a DIVMO da silagem baseia-se na estrutura física percentual da planta, em que a maior proporção de panícula e folhas e a menor proporção de colmo são desejadas para obtenção de maiores coeficientes de digestibilidade.

No entanto, ressalva-se que as proporções das diversas frações da planta não são os únicos fatores que determinam a digestibilidade. Segundo Neumann *et al.* (2002a), atenção especial deve ser dada à qualidade da fibra, quanto ao seu tipo e sua composição, considerando, de maneira geral, que as variações encontradas nos coeficientes de DIVMO da silagem estejam relacionados aos teores dos constituintes da parede celular dos componentes colmo, folhas e panícula (Tabela 2).

Restle & Silva (1993) relatam valores de ED de 1,890 Mcal/kg de MS para o híbrido AG-2002, valores inferiores aos encontrados no presente experimento.

Na Tabela 6, é apresentada a eficiência de compactação na base seca (ECMS) e na base verde (ECMV) da silagem de sorgo, em função do tamanho da partícula e do tipo de silo.

Conforme dados da Tabela 6, valores similares ( $P > 0,05$ ) foram observados para eficiência na compactação da matéria verde (548,6

**TABELA 6.** Eficiência de compactação na base seca (ECMS) e na base verde (ECMV) da silagem de sorgo em função do tamanho da partícula e do tipo de silo.

Sistema de ensilagem	Condição de armazenagem		Média
	Silo tipo "torta"	Silo tipo "laboratorial"	
	ECMS ( $\text{kg m}^{-3}$ )		
Partícula pequena	233,7	220,1	226,9 A
Partícula grande	158,0	171,6	164,8 B
Média	195,8 A	195,8 A	
	ECMV ( $\text{kg m}^{-3}$ )		
Partícula pequena	665,4	624,4	644,9 A
Partícula grande	431,8	491,0	461,4 B
Média	548,6 A	557,7 A	

Médias seguidas por letras minúsculas diferem entre si ( $P < 0,05$ ), pelo Teste Tukey. Médias na linha ou na coluna, seguidas por letras maiúsculas diferentes, diferem ( $P < 0,05$ ), pelo Teste "t".

contra 557,5 kg m<sup>-3</sup>) e da matéria seca (195,8 contra 195,8 kg m<sup>-3</sup>) entre os tipos de silo torta e laboratorial, respectivamente. Já na avaliação do efeito individual tamanho de partícula, maiores ECMS e ECMV foram obtidas em silagens confeccionadas a partir de partículas pequenas (226,9 e 644,9 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente), quando comparadas com aquelas produzidas a partir de partículas grandes (164,8 e 461,4 kg m<sup>-3</sup>, respectivamente).

Com base nos resultados do presente trabalho, alguns parâmetros, como teor de MS, de PB e conteúdo de lignina das silagens produzidas não demonstraram efeitos associativos ou isolados ( $P > 0,05$ ) frente aos fatores tamanho de partícula (pequena e grande) e tipo de silo de conservação (tipo experimental - PVC e tipo torta). Os parâmetros NIDN, NIDA, FDA, celulose, DIVMO, ED, ECMS e ECMV das silagens experimentais tenderam a apresentar qualidade diferenciada ( $P < 0,05$ ), sob efeitos individuais de tamanho de partícula ou de tipo de silo de conservação, enquanto que parâmetros como N-NH<sub>3</sub>, pH, teores de MO, FDN e hemicelulose mostraram-se diretamente dependentes do efeito associativo entre tamanho de partícula e tipo de silo, evidenciando, de forma direta, a importância da realização de trabalhos de pesquisa que envolvam a análise de silagens sob condições mais próximas à realidade dos produtores, no sentido de gerar informações concretas sobre a qualidade e/ou valor nutricional da silagem de sorgo.

Na Tabela 7, é apresentado o resumo das análises de variância para os parâmetros de composição bromatológica e de perfil fermentativo das silagens submetidas ao efeito associativo do tamanho de partícula e tipo de silo.

## Conclusões

Silagens produzidas em silos experimentais tipo laboratorial PVC apresentam diferenças quanto à composição bromatológica e à dinâmica de fermentação com relação àquelas produzidas em condições de campo, em silos do tipo torta.

Partículas de tamanho pequeno permitem maior eficiência de compactação e produzem silagem de maior valor nutritivo, devido aos menores teores de FDN e FDA e maior DIVMO e ED, frente às silagens produzidas a partir de partículas grandes. Em termos de qualidade fermentativa da silagem, não se verificaram diferenças quanto ao tamanho do picado.

**TABELA 7.** Resumo das análises de variância para os parâmetros obtidos da composição bromatológica e do perfil fermentativo das silagens submetidas aos diferentes tratamentos.

	Quadrados médios				R <sup>2</sup>	C.V. (%)	Média geral	Probabilidade	
	Tamanho da partícula	Tipo de silo	Interação	Erro padrão				Tamanho da partícula	Tipo de silo
Graus liberdades	1	1	1	4	-	-	-	-	-
MS	0,6498	1,0804	1,6380	3,2802	0,2043	5,10	35,49	NS	NS
PB	0,0112	0,0162	0,7320	0,5602	0,2531	15,48	4,83	NS	NS
N-NH <sub>3</sub>	1,9306	2,9890	4,0470	0,3598	0,8617	19,55	3,07	0,0449	0,0285
NIDN	1,4196	153,2125	24,5350	24,3629	0,6477	9,93	49,71	0,0662	NS
NIDA	706,8800	37,8450	21,2552	26,9088	0,8768	11,31	45,86	0,0069	NS
PH	0,0006	0,0703	0,0045	0,0004	0,9786	0,55	3,67	0,0002	0,0297
FDN	9,2665	31,3236	3,3670	0,1692	0,9848	0,67	61,15	0,0018	0,0111
FDA	66,8168	7,5272	0,1800	0,2204	0,9883	1,20	39,15	0,0001	NS
Hemicelulose	26,3175	8,1406	5,1040	0,3710	0,9638	2,77	21,99	0,0011	0,0207
Celulose	47,2392	12,3008	1,3284	0,7483	0,9531	2,89	29,89	0,0014	NS
LDA	1,6928	0,5832	0,5304	0,6036	0,5375	8,39	9,26	NS	NS
MO	1,2720	1,8915	0,4005	0,0370	0,9601	0,20	94,84	0,0042	0,0302
DIVMO	3,8642	34,2792	5,0880	4,9352	0,6865	4,51	49,31	NS	NS
ED	0,0120	0,0804	0,0071	0,0093	0,7272	4,54	2,126	NS	NS
ECMV	67111,6566	152,1640	5098,9851	1358,9435	0,9301	6,67	553,02	0,0022	NS



### Literatura Citada

- ALMEIDA FILHO, S. L.; FONSECA, D. M.; GARCIA, R. et al. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays L.*) e qualidade dos componentes e das silagens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 7-13, 1999.
- AGRICULTURAL RESEARCH COUNCIL. **The nutrients requirements of ruminants livestock**. London, 1980. 351 p.
- BALSALOBRE, M. A. A.; NUSSIO, L. G.; MARTHA JÚNIOR, G. B. Controle de perdas na produção de silagens de gramíneas tropicais. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 2001. p. 890-911.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife: Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária – Divisão de Pesquisas Pedológicas. 1973. 430 p. (DNPEA, Boletim Técnico, 30).
- BERNARDINO, M. L. A.; RODRIGUEZ, N. M.; SANTANA, A. A. C. Silagem de sorgo de porte médio com diferentes teores de tanino e suculência no colmo. I. nitrogênio amoniacal, pH e perdas de matéria seca. **Pesquisa Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 2, p. 213-223, 1997.
- BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N.M.; et al. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. **Pesquisa Brasileira de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 49, n. 4, p. 441-452, 1997.
- CUMMINS, D. G. Relationship between tannin content and forage digestibility in sorghum. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p. 500-502, 1971.
- CUNNIFF, P. [Ed.]. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists international**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1094 p.
- DEMARCHI, J. J. A. A. **Produção, valor nutritivo e características do sorgo (*Sorghum bicolor L. Moench*), colhido em cinco estádios de maturação, e de suas silagens**. 1993. 230 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, DF: Embrapa Produção da Informação, EMBRAPA, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.
- GONÇALVES, L. C.; BORGES, A. L. C. C.; RODRIGUEZ, N. M.; et al. Silagens de sorgo de porte alto com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. IV – Digestibilidade *in vitro* da matéria seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 50, n. 2, p. 167-170, 1998.
- GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; NOGUEIRA, F. S.; et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III – Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 51, n. 6, p. 571-576, 1999.
- LICITRA, G.; HERNÁNDEZ, T. M.; SOEST, P. J. van. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed**

- Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, p. 347-358, 1996.
- McDONALD, P.; HENDERSON, N.; HERON, S. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 339 p.
- MEESKE, R.; ASBELL, G.; WEINBERG, Z. G.; *et al.* Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic bacterial inoculants. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 43, p. 165-175, 1993.
- MOISIO, T.; HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid, **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 47, p. 107-124, 1994.
- MORENO, J. A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura. 1961. 41 p.
- MUHLBACH, P. R. F. Silagem: produção com controle de perdas. In: LOBATO, J. F. P.; BARCELOS, J. O. J.; KESSLER, A. M. (Ed.). **Produção de bovinos de corte**. Porto Alegre: Pontífice Universidade Católica, 1999. p. 97-120.
- NEUMANN, M. **Caracterização agrônômica quantitativa e qualitativa da planta, qualidade de silagem e análise econômica em sistema de terminação de novilhos confinados com silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench)**. 2001. 208 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria..
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; *et al.* Avaliação do valor nutritivo da planta e da silagem de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 293-301, 2002a.
- NEUMANN, M.; RESTLE, J.; ALVES FILHO, D. C.; *et al.* Avaliação de diferentes híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) quanto aos componentes da planta e silagens produzidas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 302-312, 2002b.
- OSHIMA, M.; McDONALD, P. A. A review of changes in nitrogenous compounds in herbage during ensiling. **Journal of the Science of Food Agricultural**, London, v. 29, p. 497-505, 1978.
- 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**, Belo Horizonte, v. 52, n. 3, p. 250-255, 2000a.
- PESCE, D. M. C.; GONÇALVES, L. C.; SANTOS, J. A.; *et al.* Análise de vinte genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), de portes médio e alto, pertencentes ao ensaio nacional. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 4, p. 978-987, 2000b.
- PIGURINA, G. Factores que afectan el valor nutritivo y la calidad de fermentacion de ensilajes. In: INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA AGROPECUÁRIA. **Pasturas y produccion animal de áreas organaderia intensiva**. Montevideo, 1991. p. 77-92. (IITA.Série Técnica, 15).
- REIS, R. A.; JOBIM, C. C. Perfil da fração de carboidratos da planta e adequação de aditivos no processo de ensilagem. In: WORKSHOP SOBRE MILHO PARA SILAGEM. 2., 2001, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2001. p. 27-52.

- RESTLE, J.; SILVA, L. C. R. Avaliação do milho (*Zea mays* L.) e do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) para a produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 30., Rio de Janeiro, 1993. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1993. p. 467.
- RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C. C.; GONÇALVES, L. C.; et al. Silagem de sorgo de porte alto com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. III – Quebra de compostos nitrogenados. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 50, n. 2; p. 161-165, 1998.
- RODRIGUEZ, N. M.; BORGES, A. L. C. C.; NOGUEIRA, F. A. S.; et al. Silagem de sorgo de porte baixo, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. IV – Influência dos taninos sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 51, n. 6; p. 577-582, 1999.
- RODRIGUES, P. H. M.; PEDROSO, S. B. G.; MELOTTI, L.; et al. Composição bromatológica e perfil fermentativo da silagem de capim-elefante obtida em diferentes tipos de silos experimentais e no silo tipo trincheira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 2386-2392, 2002.
- SAS INSTITUTE . **SAS/STAT user's guide: statistics**. Version 6. 4. ed. Cary, 1993. v. 2, 943 p.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Fertilidade do Solo-RS/SC (Passo Fundo, RS). **Recomendações de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo, 1995. 224 p.
- SOEST, P. J. van; ROBERTSON, J. B.; LEWIS B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.
- SOEST, P.J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2 ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- TILLEY, J. M.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. **Journal British Grassland Society**, Oxford, v. 18, p. 104-111, 1963.
- WILLIAMS, S. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 14. ed. Arlington: AOAC, 1984. 1141 p.