

CARACTERÍSTICAS FERMENTATIVAS E POTENCIAL BIOLÓGICO DE SILAGENS DE HÍBRIDOS DE SORGO CULTIVADOS COM DOSES CRESCENTES DE ADUBAÇÃO¹

**Magno José Duarte Cândido²
José Antônio Obeid³
Odilon Gomes Pereira³
Paulo Roberto Cecon⁴
Augusto César de Queiroz³
Mário Fonseca Paulino³
Miguel Marques Gontijo Neto²**

RESUMO

Avaliaram-se as características fermentativas e o potencial biológico das silagens de cinco híbridos de sorgo (AG2002, AG2005E, AGX202, AGX213 e AGX215), cultivados com quatro doses de adubação (tratamento sem adubação; 0,5; 1,0 e 2,0 vezes a recomendação de adubação, correspondente a 91 kg ha⁻¹ de N, 98 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 28 kg ha⁻¹ de K₂O), utilizando-se um esquema fatorial 5 x 4 (cinco híbridos e quatro doses de adubação) no delineamento em blocos casualizados, com quatro repetições. O plantio ocorreu em 06.11.1997, sendo conduzidos os tratos culturais e as adubações de cobertura. As parcelas foram colhidas com os grãos no estágio farináceo, retirando-se uma amostra para o enchimento dos silos de PVC. Após 60 dias, os silos foram abertos e uma amostra foi pesada e levada à pré-secagem e determinação da matéria seca total. Outra amostra foi congelada para determinações de N-amoniaco, pH e ácidos orgânicos. Os dados foram interpretados por meio de análise de variância, teste de média e regressão, desdobrando-se a interação híbrido x adubo, independentemente da sua significância. As silagens

¹ Parte da tese de mestrado do primeiro autor. Aceito para publicação em 28.02.2002.

² Av. P. H. Rolfs, s/n, 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: magno@alunos.ufv.br

³ Dep. de Zootecnia/UFV. Av. P.H. Rolfs, s/n, 36571-000 Viçosa, MG. E-mail: jaobeid@ufv.br

⁴ Dep. de Informática/UFV.

apresentaram padrão de fermentação satisfatório, sem haver comprometimento de sua qualidade. Não houve efeito das doses de adubação sobre o rendimento de matéria seca das silagens. Os híbridos que apresentaram melhor potencial biológico nas respectivas silagens foram o AG2002, AGX213 e AGX202.

Palavras-chaves: *Sorghum bicolor*, fermentação, rendimento.

ABSTRACT

PATTERN OF FERMENTATION AND BIOLOGIC POTENTIAL OF FIVE SORGHUM HYBRIDS SILAGES UNDER INCREASING FERTILIZATION LEVELS.

The objective of this research was to evaluate the pattern of fermentation and biologic potential of silages of five sorghum hybrids (AG2002, AG2005E, AGX202, AGX213 and AGX215), cultivated under increasing fertilization levels (control; 0.5; 1.0 and 2.0 times recommended fertilization, which corresponded to 91 kg ha⁻¹ of N, 98 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 28 kg ha⁻¹ of K₂O). A randomized complete-block design in a 5 x 4 factorial arrangement (five hybrids and four fertilization levels) with four replicates was used. Seeding time was 11.06.1997. Farming traits and broadcasting fertilizations were conducted. The plots were harvested at the soft dough stage of grain. From each plot, a sample was collected to fill the experimental silos made of PVC. After 60 days, the silos were opened and a sample was weighed and oven dried to determine total dry weight. Another sample was frozen to determine N-ammonia, pH and organic acids. Data were interpreted by means of variance analysis, mean test and regression. The hybrid x fertilizer interaction was unfolded regardless of its significance. The fermentation patterns were satisfactory. Fertilization levels did not affect dry matter yield of silages. The hybrids, which showed the highest biologic potential in the respective silages, were AG2002, AGX213 and AGX202.

Key words: *Sorghum bicolor*, fermentation, yield.

INTRODUÇÃO

O uso de forragens conservadas na forma de silagem está se tomando cada vez mais comum, principalmente entre os produtores de leite, como uma alternativa para amenizar o problema de escassez de pasto, no período de estiagem (23). Com a intensificação dos sistemas de produção, cresceu a demanda por silagens de elevado potencial biológico, que associem elevados rendimento e valor nutritivo, maximizando a produção de nutrientes por unidade de área.

Como forrageiras que melhor se prestam à prática da ensilagem, encontram-se o milho (*Zea mays* L.) e o sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Apesar de a silagem de sorgo ser considerada de valor nutritivo inferior à de milho, sua utilização vem ganhando destaque, pois essa cultura apresenta maior tolerância à seca que o milho, devido ao seu sistema radicular mais abundante e profundo, apresenta rebrotas após os

cortes, obtendo-se até 60% da produção do primeiro corte, não concorre com a alimentação humana, sendo, portanto, de custo mais reduzido, e algumas variedades e, ou, híbridos apresentam maior produção de matéria seca e matéria verde por unidade de área que o milho (37).

O grande potencial do sorgo para a ensilagem deve-se também ao seu elevado teor de carboidratos solúveis garantindo adequada fermentação no interior do silo. O objetivo da fermentação é atingir a preservação do material, minimizando as perdas de nutrientes e evitando mudanças adversas na composição química da planta (16). Dentre as características de interesse para caracterizar a fermentação na massa ensilada, citam-se: teor de matéria seca, teor de ácidos graxos voláteis produzidos, pH e teor de nitrogênio amoniacal.

O teor de matéria seca (MS) no momento da ensilagem tem grande influência na qualidade da fermentação e no valor nutritivo final da silagem. Erdman (10) mencionou que as maiores reduções no valor nutritivo da silagem ocorrem quando esta possui alta umidade, pois dificulta a rápida queda no pH e favorece a multiplicação de bactérias do gênero *Clostridium* (35), as quais fermentam açúcares e ácido láctico até ácido butírico e degradam aminoácidos até amônia (16).

O teor mínimo de carboidratos solúveis para promover adequada fermentação é de 6-8% da MS da planta (McCullough, 1973, citado por Gourley e Lusk (13)), os quais são convertidos em ácidos orgânicos, principalmente ácido láctico, sob condições de ensilagem que favoreçam a atividade das bactérias lácticas (17). Ocorre rápida queda no pH, proporcionalmente ao teor de carboidratos solúveis do material ensilado (31), até um nível que inibe os microrganismos indesejáveis e em seguida impede o seu próprio crescimento, quando é atingida a estabilidade anaeróbia. De forma geral, um pH 4,0 é suficientemente baixo para preservar a silagem, desde que os silos mantenham-se vedados e livres de infiltrações (18).

Ainda em decorrência do processo fermentativo, ocorrem mudanças marcantes na forma dos compostos nitrogenados presentes na silagem. O teor de N-amoniacal, que na planta original era inferior a 1% do N total, ao final da fermentação não deve ser superior a 10%, sob condições normais (Wilkinson, 1978, citado por Zago (37)), pois é consequência de alguma atividade clostrídica na massa ensilada.

A avaliação da qualidade de silagens é de fundamental importância para inferir em que nível de intensidade a fermentação garantiu a preservação do material, minimizando as perdas de valor nutritivo.

O presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as características fermentativas e o potencial biológico para rendimento de matéria seca das silagens de cinco híbridos de sorgo, de diferentes

aptidões, portes e suculências de colmo, cultivados com quatro diferentes níveis de adubação.

MATERIAL E MÉTODOS

Um trabalho preliminar de campo envolvendo a avaliação de cinco híbridos de sorgo para produção de silagem foi realizado no período de 06.11.1997 a 18.02.1998 (12), nas dependências da Central de Experimentação, Pesquisa e Extensão do Triângulo Mineiro (CEPET/UFV), no município de Capinópolis-MG, com latitude sul de $18,41^{\circ}$, longitude oeste de $49,34^{\circ}$ e altitude média de 620,20 m. O clima é o Aw, segundo a classificação de Köppen, quente e úmido, com temperatura do mês mais frio acima de 18°C (A), estação chuvosa no verão e seca no inverno (w). Apresenta precipitações médias anuais entre 1.400 e 1.600 mm. Dados relativos à temperatura e pluviosidade no período experimental encontram-se dispostos no Quadro 1.

A área utilizada apresenta relevo suave, ondulado, e solo classificado como Latossolo Roxo eutrófico, textura argilosa, desenvolvido a partir do basalto. Nos anos anteriores, a referida área foi utilizada em ensaios com soja.

Em virtude da análise do solo (Quadro 2) e com base na recomendação obtida pelo método do Al^{3+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis (8), foram incorporados 400 kg ha^{-1} de calcário (PRNT=75%) no solo.

O preparo do solo consistiu de uma aração e duas gradagens para destorroamento e nivelamento, sendo a abertura dos sulcos, distribuição e incorporação do adubo e das sementes efetuadas manualmente. A adubação recomendada para plantio e cobertura baseou-se nas "Recomendações Para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais" (8), com pequena variação devida à utilização de formulações comerciais existentes, e consistiu de 350 kg ha^{-1} da fórmula (N- P_2O_5 - K_2O) 06-28-08 no plantio, mais 350 kg ha^{-1} de sulfato de amônio em cobertura, correspondendo a uma recomendação de 91 kg de N, 98 kg de P_2O_5 e 28 kg de $\text{K}_2\text{O ha}^{-1}$, mais 84 kg de S ha^{-1} oriundos da aplicação do sulfato de amônio em cobertura, em duas parcelas iguais.

Os cinco híbridos avaliados foram os seguintes: 1) AG2002, forrageiro, porte alto, ciclo médio de 105 a 110 dias em regiões tropicais, colmo suculento e população recomendada de $125.000 \text{ pl ha}^{-1}$; 2) AG2005E, duplo-propósito, porte baixo, ciclo precoce (90 a 105 dias), colmo seco e população recomendada de $150.000 \text{ pl ha}^{-1}$; 3) AGX202, forrageiro, porte alto, ciclo médio, colmo seco e população recomendada de $125.000 \text{ pl ha}^{-1}$; 4) AGX213, forrageiro, porte alto, ciclo médio, colmo seco e população recomendada de $125.000 \text{ pl ha}^{-1}$; e) AGX215, forrageiro, porte médio/alto, ciclo médio, colmo seco e população

recomendada de 150.000 pl ha⁻¹. Os dois primeiros são híbridos comerciais, e os três últimos estão em fase experimental.

QUADRO 1 - Precipitação e médias das temperaturas máximas e mínimas durante o período experimental					
Período	Semana	Precipitação ¹ (mm)	Temperatura (°C) ²		
			máxima	mínima	
06/11/97 a 12/11/97	1ª	17,0	34,8	21,9	
13/11/97 a 19/11/97	2ª	62,4	32,3	20,9	
20/11/97 a 26/11/97	3ª	80,8	32,1	20,9	
27/11/97 a 03/12/97	4ª	188,6	30,0	21,0	
04/12/97 a 10/12/97	5ª	67,2	28,9	20,2	
11/12/97 a 17/12/97	6ª	65,3	30,5	21,0	
18/12/97 a 24/12/97	7ª	8,7	30,5	20,9	
25/12/97 a 31/12/97	8ª	60,7	33,8	21,8	
01/01/98 a 07/01/98	9ª	12,7	34,5	21,8	
08/01/98 a 14/01/98	10ª	102,2	31,6	21,9	
15/01/98 a 21/01/98	11ª	40,8	30,8	20,8	
22/01/98 a 28/01/98	12ª	22,0	30,8	20,4	
29/01/98 a 04/02/98	13ª	46,8	31,1	21,8	
05/02/98 a 11/02/98	14ª	62,6	34,2	21,8	
12/02/98 a 18/02/98	15ª	92,7	30,8	21,8	

¹ Total do período; ² Média do período.

As doses de adubação utilizadas foram: 1- sem adubação de plantio e cobertura; 2- metade da adubação recomendada para plantio e cobertura (45,5; 49; 14 e 42 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O e S, respectivamente); 3- uma vez a adubação recomendada (91; 98; 28 e 84 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O e S, respectivamente); e 4- duas vezes a adubação recomendada (182; 196; 56 e 168 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O e S, respectivamente).

QUADRO 2 – Características químicas do solo da área experimental										
Profund.	pH	P	K	Ca	Mg	SB	H+Al	CTC	Al	V
--cm--		mg dm ⁻³				cmol dm ⁻³			%	
0 – 20	5,6	9,8	83	3,1	1,2	4,51	5,0	9,51	0,1	47,4
20–40	5,6	6,0	29	3,0	1,0	4,00	5,2	9,26	0,0	43,8

As parcelas experimentais constituíram-se de seis fileiras, com cinco metros de comprimento, espaçadas entre si de 0,8 metro, devidamente identificadas. Em cada parcela foram utilizadas para amostragem as duas

fileiras centrais, com desconto de 0,5 metro em cada extremidade, resultando em área útil de 6,4 m² (4,0 x 0,8 x 2,0 m).

O plantio foi realizado em 06.11.1997 e 10 dias após a germinação foi efetuado o desbaste nas parcelas, com a finalidade de se chegar à população de plantas, por hectare, recomendada para cada híbrido. Aos 20 dias após a germinação, foi realizada uma capina manual e a primeira adubação de cobertura nos devidos tratamentos. Aos 35 dias após a germinação efetuou-se a segunda adubação de cobertura.

Procedeu-se à colheita quando os grãos atingiram o estágio farináceo. As plantas da área útil das parcelas foram cortadas a uma altura de 15 cm em relação ao solo e pesadas em balança tipo "dinamômetro". Do total de plantas da parcela (área útil), foram retiradas 10 plantas inteiras que foram picadas e homogeneizadas, e retiradas amostras de aproximadamente 400 g do material original total para determinação do teor de matéria seca no momento da ensilagem e para avaliação químico-bromatológica e nutricional dos híbridos (12).

Utilizaram-se 80 silos experimentais, feitos de tubo de PVC, com 10 cm de diâmetro e 50 cm de altura. Da área útil de cada parcela foi retirada uma amostra em quantidade suficiente para o enchimento dos silos, adotando-se uma densidade média de 887,17 kg m⁻³, cuja compactação foi feita com um êmbolo de ferro e o fechamento com tampas de PVC, lacradas com fita crepe e dotadas de válvula tipo Bunsen. Os silos foram pesados por ocasião do enchimento e armazenados em local ventilado e fresco por um período aproximado de 60 dias.

Após a abertura de cada silo, seu conteúdo foi extraído e homogeneizado, sendo então retirada uma amostra, que foi pesada e acondicionada em saco de papel e colocada em estufa de ventilação forçada a 60-65°C por 72 horas. Em seguida, as amostras foram retiradas da estufa, deixadas à temperatura ambiente por uma hora e pesadas para determinação da matéria pré-seca. Posteriormente, procedeu-se à sua moagem em moinho estacionário Thomas Wiley, modelo 4, utilizando-se peneira com malha de 1 mm, sendo guardadas em vidros com tampa, para a determinação da matéria seca total, segundo Silva (26).

Uma segunda amostra foi retirada de cada silo e congelada para determinações de N-amoniaco, pH e ácidos láctico, acético, propiônico e butírico. O pH foi determinado conforme Silva (26), e o N-amoniaco conforme metodologia descrita por Bolsen et al. (4), para sua solubilização, e por Vieira (32), para destilação e titulação do sobrenadante. Os teores de ácidos orgânicos foram determinados por cromatografia em fase gasosa, segundo metodologia descrita por Wilson (34).

Foi utilizado um arranjo fatorial 5 x 4 (cinco híbridos x quatro doses de adubação) no delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições. Para as determinações de ácido láctico e acético, as

regressão, desdobrando-se a interação entre híbridos e doses de adubação independentemente da sua significância. As médias dos fatores qualitativos foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os modelos foram escolhidos baseando-se na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste t, de Student, a 10% de probabilidade, e no coeficiente de determinação. Como ferramenta de auxílio às análises estatísticas, foi utilizado o programa computacional SAEG - Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas (30).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Teor de matéria seca à ensilagem

O conteúdo de MS dos híbridos, por ocasião da ensilagem, variou de 22,79 a 30,74% (Quadro 3), ou seja, abaixo da faixa de MS ideal (32 a 35%) citada por Oliveira (22). É importante destacar que o teor de MS por si só não é determinante da qualidade da silagem, visto que outras variáveis, como o teor de carboidratos solúveis da planta, podem favorecer uma adequada fermentação, resultando em silagem de boa qualidade.

O híbrido AG2002, por ter colmo succulento, apresentou menor ($P < 0,05$) teor de MS à ensilagem que o AG2005E e AGX202, com todas as doses de adubo. Apresentou ainda teor de MS inferior ($P < 0,05$) ao AGX215 nas doses de 0,5, 1,0 e 2,0 vezes a recomendação de adubação e inferior ($P < 0,05$) ao AGX213 na dose de 2,0 vezes a recomendação (Quadro 3). Esses resultados estão de acordo com Silva et al. (29), que relataram menor teor de MS (24,69%) por ocasião da ensilagem no sorgo de colmo succulento. Todavia, o baixo teor de MS à ensilagem desse híbrido não influenciou negativamente a qualidade do processo fermentativo, o que está em consonância com Borges et al. (5) e pode ser explicado pelo seu elevado teor de carboidratos solúveis (19,80%), segundo Gontijo Neto (12), o que causou fermentação adequada, mesmo com teor de MS adverso.

O híbrido AG2005E apresentou teor de MS superior ($P < 0,05$) ao do AG2002 em todas as doses de adubo, o que se explica pela maior proporção de panícula desse híbrido (22,52 unidades percentuais a mais que o AG2002) e seu percentual de MS também superior nas demais partes da planta (12), acarretando maior teor de MS da silagem como um todo, conforme observado também por Carvalho et al. (7), Silva et al. (29) e Zago (37).

A análise de regressão detectou efeito de doses de adubo sobre o teor de MS dos híbridos AGX213 e AGX215 (Figura 1). No híbrido AGX215, estimou-se incremento ($P < 0,05$) de 1,357 unidades no teor de MS por dose de adubo aplicada, enquanto no AGX213 estimou-se o máximo teor de MS (27,32%) na dose de 1,42 vezes a adubação recomendada. Isso pode ter sido devido à elevada proporção de panícula desses híbridos (37,62 e 36,30%, respectivamente), que foi a única parte da planta a apresentar maior resposta à adubação e na qual foi detectado o mais elevado teor de matéria seca (12). Os teores de MS dos híbridos AG2002, AG2005E e AGX202 não foram influenciados pela adubação, o primeiro possivelmente pelo seu baixo percentual de panícula (29,91%) e os demais pelos elevados percentuais de MS já na ausência de adubação.

Ácidos orgânicos

As concentrações de ácido láctico e ácido acético das silagens encontram-se no Quadro 3. Quanto aos ácidos propiônico e butírico, não foi detectada presença, ou seus teores foram desprezíveis.

Os teores de ácido láctico das silagens, que variaram de 6,02 a 9,52% (Quadro 3), situaram-se acima do mínimo (3,0%) necessário para classificar as silagens como de boa qualidade (21). Van Soest (31) e Rodriguez et al. (25) mencionaram que, em silagens de boa qualidade, espera-se predominância de ácido láctico, quantidade reduzida de ácido acético e teores desprezíveis ou mesmo ausência dos ácidos propiônico e butírico.

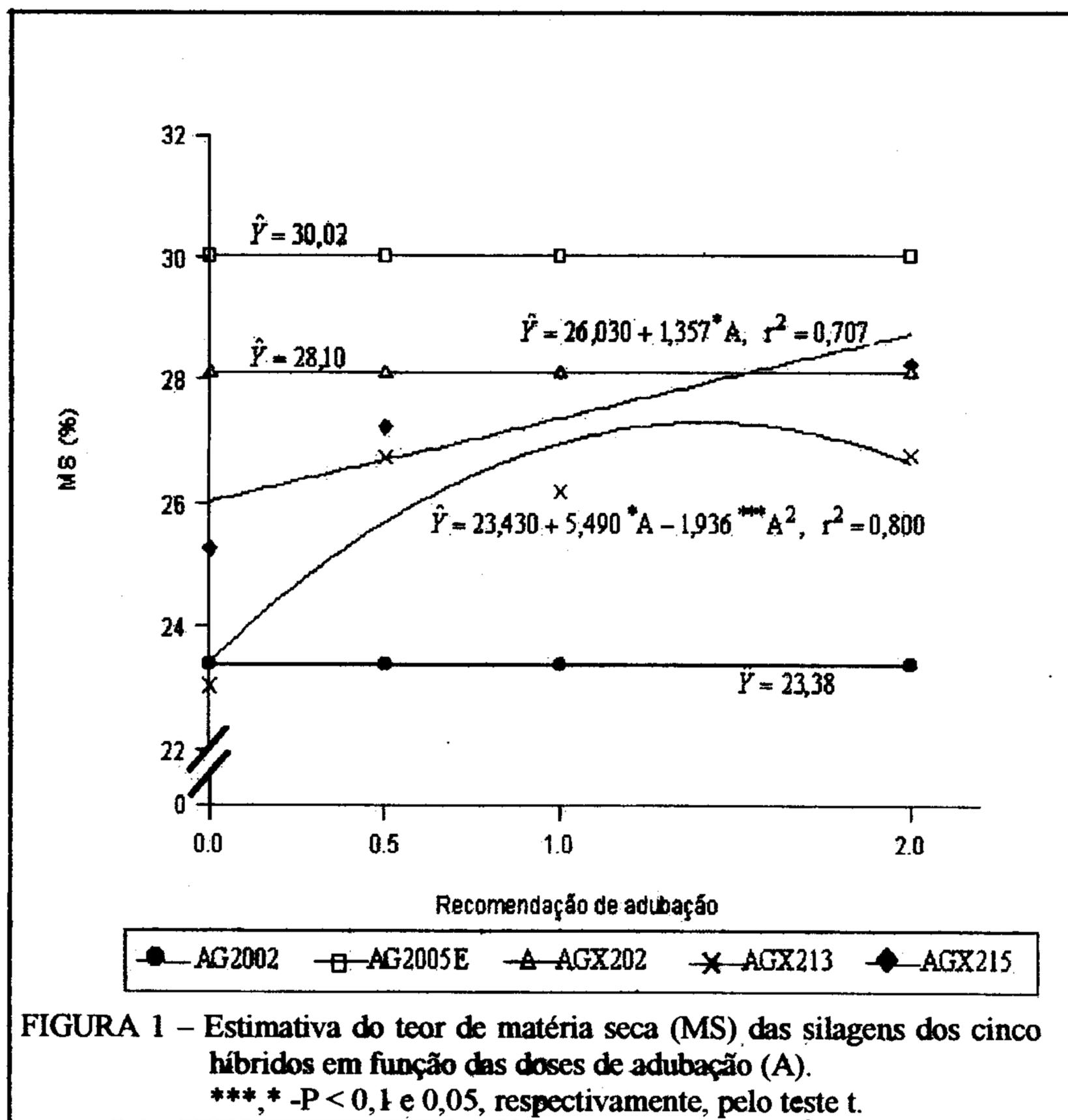
Houve diferença ($P < 0,05$) no teor de ácido láctico das silagens dos diversos híbridos (Quadro 3). A silagem do híbrido AG2002 apresentou teor de ácido láctico superior ($P < 0,05$) à silagem do AG2005E na dose de 2,0 vezes a recomendação de adubação e superior ($P < 0,05$) à silagem do AGX202 no tratamento sem aplicação de adubo. O maior teor de ácido láctico desse híbrido deve ter sido causado pelo seu maior conteúdo de carboidratos solúveis (19,80%) (12), favorecendo intensa fermentação (14). Silva et al. (27) também encontraram alta produção de ácido láctico na ensilagem de sorgo forrageiro com elevado teor de carboidratos solúveis. Os demais híbridos não apresentaram grandes diferenças no conteúdo desse ácido em nenhuma das doses de adubo utilizadas.

Verificou-se também que o teor de ácido láctico teve relação inversa com o teor de matéria seca das silagens (Quadro 3), ou seja, elevando-se o teor de matéria seca, reduziu-se o teor de ácido láctico, efeito mais nítido verificado entre as silagens dos híbridos AG2002 e AG2005E. Isso ocorreu principalmente devido à produção de efluentes nas silagens mais úmidas, que removeram compostos ionizáveis da silagem, como o ácido láctico (20).

QUADRO 3 - Teores médios de matéria seca à ensilagem (MS), ácido láctico, ácido acético, pH e N-amoniaco das silagens nas doses de adubo testadas

Híbridos	Doses de adubo (recomendação ha ⁻¹)			
	0,0	0,5	1,0	2,0
	MS (%)			
AG2002	23,88c	23,65b	22,79c	23,22c
AG2005E	29,33a	30,08a	29,94a	30,74a
AGX202	28,14ab	28,04a	28,13ab	28,11ab
AGX213	23,03c	26,75ab	26,19bc	26,80b
AGX215	25,26bc	27,25a	28,12ab	28,24ab
	Ácido láctico (% MS)			
AG2002	9,52a	9,28a	9,06a	9,30a
AG2005E	7,56ab	6,66a	7,45a	6,02b
AGX202	6,16b	6,71a	6,81a	7,97ab
AGX213	8,93ab	7,93a	7,10a	7,67ab
AGX215	8,31ab	7,59a	7,18a	6,90ab
	Ácido acético (% MS)			
AG2002	2,54a	2,13a	1,97a	2,03a
AG2005E	1,93bc	1,96a	1,93a	1,97a
AGX202	1,59c	1,81a	1,99a	1,90a
AGX213	2,31ab	2,00a	2,02a	1,85a
AGX215	1,89bc	2,14a	1,69a	2,05a
	pH			
AG2002	3,77a	3,73b	3,68b	3,72b
AG2005E	4,03a	4,09a	4,01a	4,03a
AGX202	3,92a	3,79ab	3,98ab	3,86ab
AGX213	3,74a	3,80ab	3,84ab	3,88ab
AGX215	3,79a	3,86ab	3,90ab	3,78ab
	N-amoniaco (% N total)			
AG2002	5,52b	5,34b	4,42b	3,88c
AG2005E	7,58a	8,25a	7,69a	7,46a
AGX202	6,31ab	5,74b	5,45b	4,79bc
AGX213	6,23ab	6,57ab	5,08b	5,79ab
AGX215	5,25b	6,79ab	4,54b	5,00bc

Médias na mesma coluna, dentro de cada variável, seguidas de letras distintas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.



O teor de ácido láctico não foi alterado pelas doses de adubo a não ser na silagem do AGX202, que apresentou resposta linear ($\hat{y} = 6,152 + 0,872^{***} A$, $r^2 = 0,962$). A resposta de aumento de 0,872 pontos percentuais no teor de ácido láctico do AGX202 para cada unidade de aumento, na recomendação de adubação, é superior ao coeficiente médio (0,7326) nos carboidratos solúveis dos mesmos híbridos, segundo Gontijo Neto (12). Nas silagens dos híbridos AG2002, AGX213, AGX215 e AG2005E foram registradas as respectivas médias: 9,29; 7,91; 7,50 e 6,92% de ácido láctico.

Quanto aos teores de ácido acético das silagens, detectaram-se diferenças ($P < 0,05$) entre os híbridos, somente na ausência de adubação, cujos valores variaram de 1,59% (AGX202) a 2,54% (AG2002), (Quadro 3). A análise de regressão mostrou resultados inconsistentes nos teores de ácido acético, com a elevação das doses de adubo, estimando-se,

respectivamente, aumentos e reduções de 0,142 e 0,2 unidades percentuais por unidade de incremento na adubação recomendada, nas silagens dos híbridos AGX202 e AGX213 (Figura 2). Na silagem do híbrido AG2002, estimou-se valor mínimo de 1,9%, na dose de 1,37 vez a adubação recomendada. Este valor encontra-se próximo aos teores médios estimados de 1,95 e 1,94%, respectivamente, nas silagens dos híbridos AG2005E e AGX215, cujos teores de ácido acético não foram influenciados pela adubação.

Deve-se salientar que, independentemente do híbrido ou da adubação utilizada, os teores de ácido láctico e acético obtidos permitem classificar as silagens avaliadas como de boa qualidade, segundo Nogueira (21).

pH

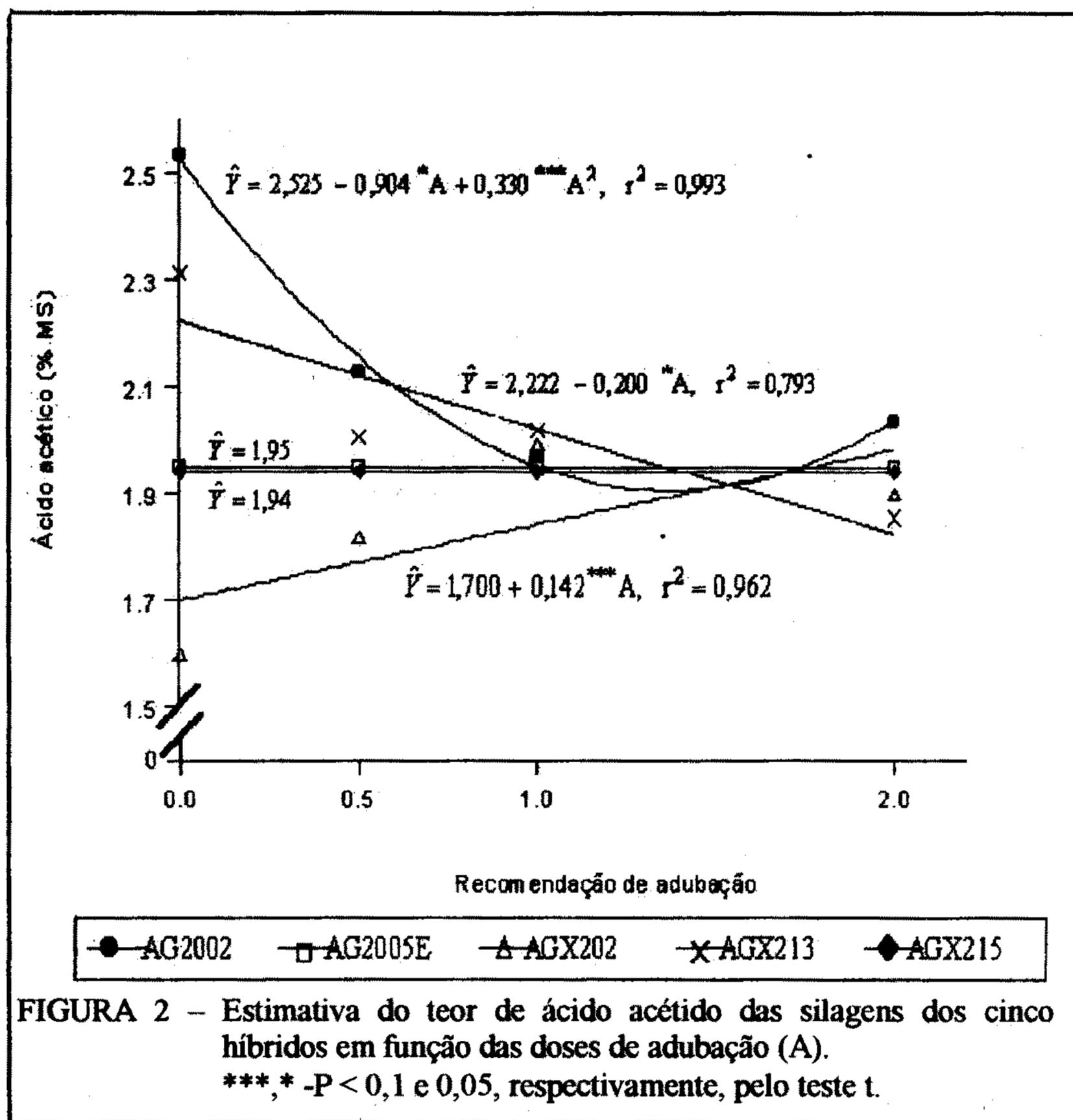
Os valores de pH das silagens diferiram ($P < 0,05$) entre os híbridos, excetuando-se na ausência de adubação, com valores que variaram de 3,68 a 4,09 (Quadro 3), com o AG2002 apresentando menores valores que o AG2005E em todos os tratamentos com adubação. Nogueira (21) relatou que pH inferior a 4,2 é indicativo de silagem de boa qualidade, em decorrência de intensa fermentação láctica. O pH guarda estreita e inversa relação com o teor de ácido láctico das silagens, o que é explicado por ser este ácido o agente a partir do qual íons hidrogênio são liberados, aumentando a acidez do meio (20). Portanto, os híbridos que continham maiores teores de ácido láctico apresentaram menores valores de pH e vice-versa, o que está em consonância com Hart (14), Meeske et al. (19) e Alió et al. (1). Da mesma forma, Al-Rokayan et al. (3) relataram elevação no teor de ácido láctico de 3,1 para 6,8% e redução no pH de 6,38 para 4,09 após a ensilagem de sorgo.

O pH das silagens não foi influenciado pelas doses de adubos, registrando-se, respectivamente, valores médios de 4,04; 3,89; 3,83; 3,82 e 3,73 nas silagens dos híbridos AG2005E, AGX202, AGX215, AGX213 e AG2002.

Nitrogênio amoniacal

O teor de N-amoniacal das silagens diferiu ($P < 0,05$) entre os híbridos, tendo apresentado valores que variaram de 3,88 a 8,25% do nitrogênio total (Quadro 3). Esses valores, em sua maioria, são inferiores aos 8,0% mencionados por Henderson (15), Vilela (33) e Zago (37) para classificar silagens como de boa qualidade. Apenas a silagem do AG2005E na dose de 0,5 vez a recomendação de adubação apresentou teor um pouco acima, mas sem comprometimento da sua qualidade.

Na dose de 1,0 adubação recomendada a silagem do híbrido AG2005E apresentou o maior ($P < 0,05$) teor de N-amoniacal. Houve correlação ($r = 0,4452^{**}$) entre N-amoniacal e proteína bruta (6). Normalmente, esperam-se teores mais elevados dessa fração nitrogenada quando da ensilagem de materiais mais ricos em proteína, como é o caso do AG2005E, pela ocorrência de proteólise dentro do silo, com produção de compostos nitrogenados não-protéicos, incluindo N-amoniacal, conforme foi constatado por Almeida Filho et al. (2). Quanto ao AG2002, apesar de o teor de umidade superior (Quadro 3) ser um predisponente para a ocorrência de fermentação indesejada, seu alto teor (19,8%) de carboidratos solúveis (12) possibilitou fermentação adequada, comprovada pelos baixos teores de N-amoniacal e elevados teores de ácido láctico (Quadro 3). Fato idêntico foi observado por Silva et al. (29) ensilando sorgos de diferentes aptidões com diferentes proporções de colmo + folha/panícula.



Foi observado efeito linear decrescente das doses de adubo sobre o teor de N-amoniaco nas silagens dos híbridos AGX202 e AG2002 (Figura 3). No primeiro, há consonância dessa resposta, devido ao aumento linear no teor de ácido láctico com o aumento na adubação, reduzindo assim a atividade proteolítica. No segundo, pode ser que tenha havido redução no teor de proteína verdadeira com as doses crescentes de adubo (24), o que diminuiria o principal substrato para a ação das bactérias proteolíticas, que desdobram a proteína verdadeira com produção de N-amoniaco.

Foi observada correlação significativa entre o teor de N-amoniaco e o pH da silagem ($r = 0,4349^{**}$), concordando com McDonald e Whittenbury (17), que relataram ser o N-amoniaco produzido a partir de fermentações clostrídicas, que dificultam o abaixamento do pH. Tal correlação torna-se mais nítida ao compararem-se as silagens dos híbridos AG2002 e AG2005E, que apresentaram valores médios de 3,73 e 4,04 no pH e de 4,79 e 7,75% no N-amoniaco, respectivamente. Similarmente, Gaggioti et al. (11) encontraram pH em torno de 4,0 nos cultivares de sorgo apresentando N-amoniaco médio de 10,8%, e em torno de 3,5 nos cultivares com N-amoniaco médio de 4,0%.

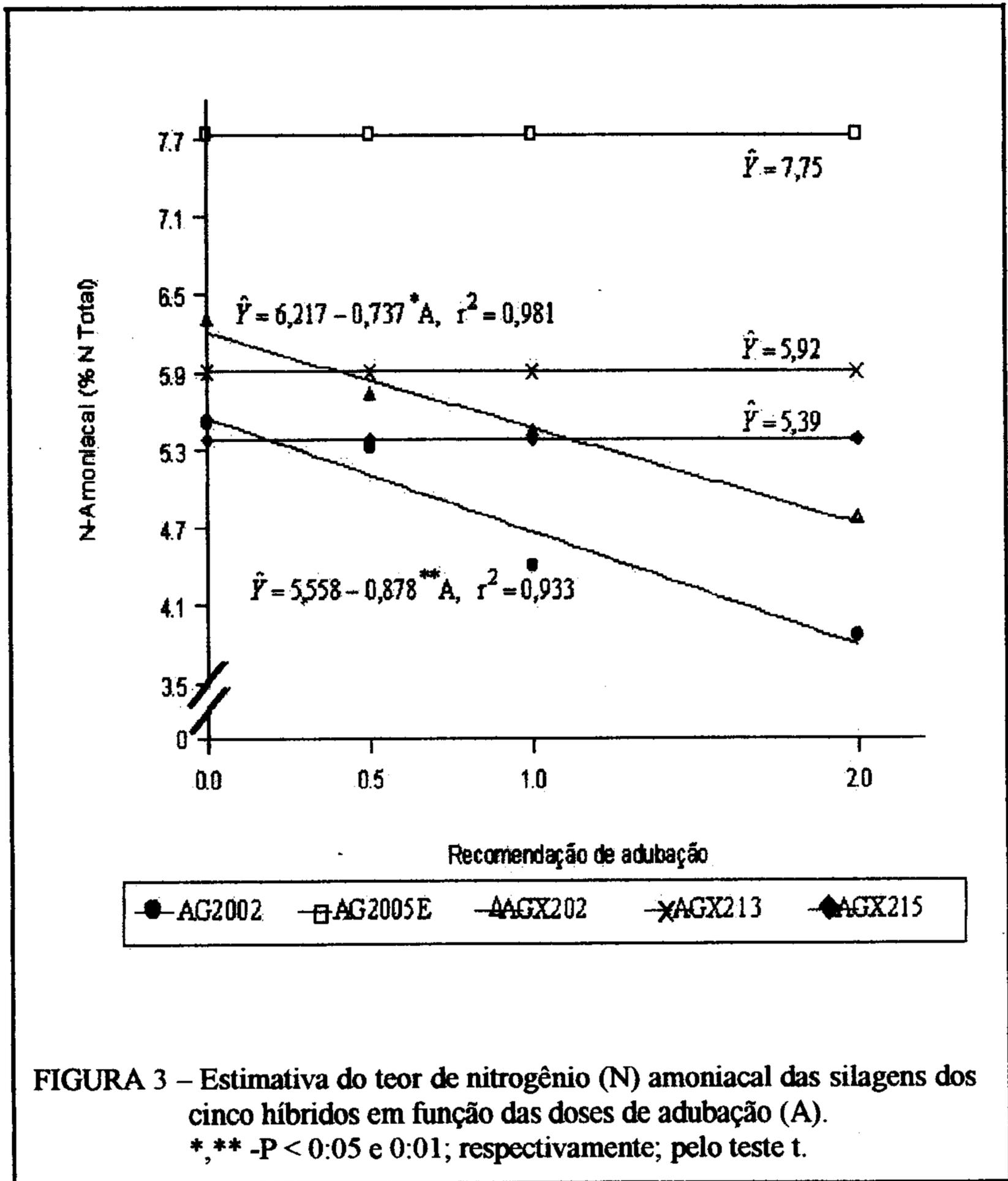
Potencial biológico dos híbridos quanto ao rendimento de matéria seca das silagens

O rendimento de matéria seca das silagens diferiu ($P < 0,05$) entre os híbridos, tendo apresentado valores que variaram de 12,09 a 18,00 t ha⁻¹ (Quadro 4). As silagens dos híbridos do tipo forrageiro e de porte alto apresentaram, de maneira geral, rendimentos superiores aos da silagem do híbrido de duplo-propósito (AG2005E, de porte baixo), exceto no caso da silagem do híbrido AGX215, que, apesar de ser forrageiro, apresenta porte de médio a alto. O rendimento de matéria seca tem relação com o porte da planta, com as mais altas apresentando maior rendimento (36). Tal fato também foi verificado por Corrêa et al. (9), que, comparando 13 híbridos de sorgo, relataram rendimentos de matéria seca de 4,14 a 14,7 t ha⁻¹, sendo os maiores valores relativos aos híbridos de maior altura.

O rendimento de matéria seca das silagens não foi influenciado pelas doses de adubos, registrando-se, respectivamente, valores médios de 12,41; 13,48; 15,37; 15,59 e 17,49 nas silagens dos híbridos AG2005E, AGX215, AGX202, AGX213 e AG2002. Tal resultado pode ter sido devido ao elevado nível de fertilidade natural do solo e, ou, à grande disponibilidade de nitrogênio na matéria orgânica do solo, pois a área tinha sido cultivada com soja em anos anteriores. Além disso, como estavam sendo avaliadas

silagens de três híbridos experimentais, buscou-se identificar o seu potencial biológico, o que parece ter sido atingido.

Constatou-se ainda a adequação da adubação recomendada, pela tendência observada na média das doses crescentes de adubo de que o máximo rendimento, 15,14 t ha⁻¹ (Quadro 4), foi atingido na dose correspondente à recomendação de adubação.



QUADRO 4 – Rendimento de matéria seca ($t\ ha^{-1}$) das silagens nas doses de adubo testadas

Híbridos	Doses de adubo (recomendação ha^{-1})			
	0,0	0,5	1,0	2,0
AGX215	12,85bc	13,43bc	13,88bc	13,74bc
Média	14,36	14,86	15,14	15,10

Médias na mesma coluna, dentro de cada variável, seguidas de letras distintas, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Tukey.

CONCLUSÕES

1) As silagens de sorgo apresentaram padrão de fermentação satisfatório, independentemente dos híbridos estudados e das doses de adubação testadas.

2) O teor de matéria seca (MS) por si só não é determinante da qualidade da silagem. Outros fatores, como os carboidratos solúveis, podem garantir a fermentação adequada.

3) Não houve efeito de doses de adubação sobre o rendimento de MS. Entretanto, a dose de uma vez a adubação preconizada parece ser a mais adequada.

4) Os híbridos que apresentaram melhor potencial biológico em relação ao rendimento de MS foram AG2002, AGX213 e AGX202, porém estudos adicionais são necessários para avaliar quanto desse rendimento é revertido em nutrientes aproveitáveis pelos ruminantes.

REFERÊNCIAS

1. ALIÓ, V.B.; OLEAS, T.B.; DAWSON, T.E.; ULLREY, D.E. & COOK, R.M. Effect of sorghum grain and propionic acid bacteria on fermentation pattern, dry matter loss, and aerobic stability of orange pulp silage. *J. Agric. Food Chem.*, 42:762-5, 1994.
2. ALMEIDA FILHO, S.L.; FONSECA, D.M.; GARCIA, R.; OBEID, J.A. & OLIVEIRA, J.S. Características agronômicas de cultivares de milho (*Zea mays* L.) e qualidade dos componentes e da silagem. *Rev. Bras. Zootec.*, 28:7-13, 1999.
3. AL-ROKAYAN, S.A.; NASEER, Z. & CHAUDHRY, S.M. Nutritional quality and digestibility of sorghum-broiler litter silages. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 75:65-73, 1998.
4. BOLSEN, K.K.; LIN, C.; BRENT, B.E.; FYERHERM, A.M.; URBAN, J.E. & AIMUTIS, W.R. Effect of silage additives on the microbial succession and fermentation process of alfalfa and corn silages. *J. Dairy Sci.*, 75:3066-83, 1992.
5. 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 de umidade no colmo. Arq. Bras. Méd. Vet. Zootec., 49:441-52, 1997.
6. CÂNDIDO, M.J.D. Qualidade e valor nutritivo de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob doses crescentes de recomendação de adubação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2000. 57p. (Tese de mestrado).
 7. CARVALHO, D.D.; ANDRADE, J.B.; BIONDI, P. & JUNQUEIRA, G.G. Estádio de maturação na produção e qualidade da silagem de sorgo. I – Produção de matéria seca e da proteína bruta. B. Ind. Anim., 49:91-9, 1992.
 8. COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 4ª aproximação. Lavras, 1989. 159p.
 9. CORRÊA, C.E.S. Qualidade das silagens de três híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) em diferentes estágios de maturação. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 78p. (Tese de mestrado).
 10. ERDMAN, R. Silage fermentation characteristics affecting feed intake. In: National Silage Production Conference, New York, 1993. Proceedings. Ithaca, Northeast Regional Agricultural Engineering Service - Cooperative Extension, 1993, p. 210-9.
 11. GAGGIOTI, M.C.; ROMERO, L.A.; BRUNO, O.A. & QUAINO, O.R. Cultivares de sorgos forrajeros para silaje. II. Características fermentativas y nutritivas de los silajes. Rev. Arg. Prod. Anim., 12:163-7, 1992.
 12. GONTIJO NETO, M.M. Rendimento e valor nutritivo de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) sob níveis crescentes de adubação. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 55p. (Tese de mestrado).
 13. GOURLEY, L.M. & LUSK, J.W. Genetic parameters related to sorghum silage quality. J. Dairy Sci., 61:1821-7, 1978.
 14. HART, S.P. Effects of altering the grain content of sorghum silage on its nutritive value. J. Anim. Sci., 68:3832-42, 1990.
 15. HENDERSON, N. Silage additives. Anim. Feed Sci. Technol., 45:35-56, 1993.
 16. JASTER, E.H. Legume and grass silage preservation. In: Moore, K.J. & Peterson, M.A. (eds). Post-harvest physiology and preservation of forages, Minneapolis, 1992. Proceedings, Madison, Crop Science Society of America, 1995, p. 91-115. (CSSA Special Publication, 22).
 17. McDONALD, P. & WHITTENBURRY, R. The ensilage process. In: Butler, G.W. & Bailey, R.W. (eds). Chemistry and biochemistry of herbage. London, Academic Press, 1973. v.3, p. 33-60.
 18. McDONALD, P.; HENDERSON, A.R. & HERON, S.J.E. The biochemistry of silage. 2nd ed. Marlow, Chalcombe, 1991. 340p.
 19. MEESKE, R.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G. & KIPNIS, T. Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. Anim. Feed Sci. Technol., 43:165-75, 1993.
 20. MOISIO, T. & HEIKONEN, M. Lactic acid fermentation in silage preserved with formic acid. Anim. Feed Sci. Technol., 47:107-24, 1994.
 21. NOGUEIRA, F.A.S. Qualidade das silagens de híbridos de sorgo de porte baixo com e sem teores de taninos e de colmo seco e succulento, e seus padrões de fermentação, em condições de laboratório. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 1995. 78p. (Tese de mestrado).
 22. OLIVEIRA, J.S. 1998. Produção e utilização de silagem de milho e sorgo. Juiz de Fora, EMBRAPA-CNPGL, 1998. 34p. (Circular Técnica nº 47).
 23. PEREIRA, O.G.; OBEID, J.A.; GOMIDE, J.A. & QUEIRÓZ, A.C. Produtividade de uma variedade de milho (*Zea mays* L.) e de três variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e o valor nutritivo de suas silagens. Rev. Soc. Bras. Zootec., 22:31-8, 1993.

24. PEYRAUD, J.L. & ASTIGARRAGA, L. Review of the effect of nitrogen fertilization on the chemical composition, intake, digestion and nutritive value of fresh herbage: consequences on animal nutrition and N balance. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 72:235-59, 1998.
25. RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.A.S.; GONÇALVES, L.C.; BORGES, I. & ZAGO, C.P. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e umidade no colmo. I – Matéria seca, pH e ácidos graxos durante a fermentação. In: Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 36, Porto Alegre, 1999. Anais, Porto Alegre, SBZ, 1999. (cd-rom)
26. SILVA, D.J. Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos). 2ª ed. Viçosa, UFV, 1990. 165p.
27. SILVA, J.F.C.; OBEID, J.A.; FERNANDES, W. & GARCIA, R. Idade de corte do sorgo Santa Eliza (*Sorghum vulgare*, Pers) para silagem. I. Produção e características das silagens. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, 19:98-105, 1990.
29. SILVA, F.F.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUES, J.A.S.; CORRÊA, C.E.S.; RODRIGUEZ, N.M.; BRITO, A.F. & MOURÃO, G.B. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo+folhas/panículas. I. Avaliação do processo fermentativo. *Rev. Bras. Zootec.*, 28:14-20, 1999.
30. UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA-UFV. S.A.E.G. (Sistema para Análises Estatística e Genéticas), versão 5.0. Viçosa, UFV, 1995. 149p.
31. Van SOEST, P.J. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd ed. Ythaca, Cornell University, 1994. 476p.
32. VIEIRA, P.F. Efeito do formaldeído na proteção de proteínas e lipídios em rações para ruminantes. Viçosa, UFV, 1980. 98p. (Tese de mestrado).
33. VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: Simpósio sobre Aditivos na Produção de Ruminantes e Não-Ruminantes/Reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 35, Botucatu, 1998. Anais, Botucatu, SBZ, 1998. p. 73-108.
34. WILSON, R.K. A rapid accurate method for measuring volatile fatty acids and lactic acid in silage. Dublin, Dunsinea Research Centre, 1971. 7p. (Research Report).
35. WOOLFORD, M.K. The silage fermentation. New York, Marcel Dekker, 1984. 486p.
36. ZAGO, C.P. Cultura de sorgo para produção de silagem de alto valor nutritivo. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos, 4, Piracicaba, 1991. Anais, Piracicaba, FEALQ, 1991. p.169-217.
37. ZAGO, C.P. Silagem de sorgo. In: Simpósio sobre Nutrição de Bovinos: Alimentação Suplementar, 7, Piracicaba, 1999. Anais, Piracicaba, FEALQ, 1999. p. 47-68.