

Arq. Bras. Med. Vet. Zootec., v.56, n.6, p.764-772, 2004

Qualidade de silagens de sorgo com aditivos

[Quality of sorghum silages with additives]

F.A.P. Vieira^{1*}, I. Borges², C.A.V. Stehling³, L.C. Gonçalves²,
S.G. Coelho², M.I.C. Ferreira³, J.A.S. Rodrigues⁴

¹Doutoranda em Ciência Animal – EVUFMG

²Escola de Veterinária da UFMG

³Médica Veterinária

⁴Embrapa Milho e Sorgo

RESUMO

Um delineamento inteiramente ao acaso, com três repetições, foi utilizado para avaliar os efeitos da adição de 0,5% de uréia, de 0,5% de carbonato de cálcio (CaCO₃), de 0,5% de uréia mais 0,5% de CaCO₃ e de inoculante bacteriano sobre o pH, teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina, carboidratos solúveis, ácido láctico e ácido acético sobre a digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) de silagens de quatro híbridos de sorgo (BR700, BR701, BR601 e AG2002). Os híbridos ensilados sem a adição de aditivos constituíram o grupo-controle. De cada genótipo foram coletadas três amostras do material original (MOR). Foram utilizados 60 silos de PVC com 10cm de diâmetro interno e 50cm de comprimento, sendo três por tratamento. A abertura dos silos ocorreu depois de 56 dias de fermentação. As silagens contendo CaCO₃ e inoculante bacteriano apresentaram, em geral, características muito semelhantes às do controle. A adição de uréia e de uréia mais CaCO₃ às silagens resultou em aumento (P<0,05) nos teores de PB. A adição conjunta de uréia e CaCO₃ não propiciou aumento (P<0,05) superior ao obtido nas silagens contendo apenas uréia. Uréia pura, como aditivo, pode ser recomendada na ensilagem dos híbridos BR700, BR601 e AG2002.

Palavras-chave: uréia, carbonato de cálcio, inoculante bacteriano, padrões de fermentação

ABSTRACT

A completely randomized design with three replicates was used to evaluate the addition effects of 0.5% urea, 0.5% calcium carbonate, 0.5% urea plus 0.5% calcium carbonate, and bacteria culture (according to producer recommendations) on quality of four hybrids sorghum silages (BR700, BR701, BR601 e AG2002). All hybrids ensiled with no additives were used as the control group. The pH and the contents of dry matter (DM), crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), hemicellulose, cellulose, lignin, soluble carbohydrates, lactic and acetic acids, and the in vitro dry matter digestibility (IVDMD) values were determined. Three samples of each original material (MOR) were collected and analyzed. Sixty "PVC" experimental silos with 10cm of internal diameter and 50cm of length, three by treatment, were used. The silos were open after 56 days of fermentation. The results of silages containing calcium carbonate or bacteria culture were, in general, similar to the control group (without additives). The addition of urea and urea plus calcium carbonate to silages improved their CP contents (P<0.05). The addition of urea plus calcium carbonate did not improve the CP contents of silages in relation to the addition of only urea. The addition of urea can be recommended for silages of BR700, BR601 and AG2002 hybrids.

Keywords: urea, bacteria culture, calcium carbonate

*Endereço para correspondência (mailing address)

Rua Cesário Alvim, 118-Bairro Padre Eustáquio – 30720-270 - Belo Horizonte, MG

E-mail: flaviavieira26@hotmail.com

Recebido para publicação em 11 de dezembro de 2003

Recebido para publicação, após modificações, em 10 de agosto de 2004

INTRODUÇÃO

No Brasil, devido às condições climáticas, a disponibilidade de forragens é irregular ao longo do ano, com períodos alternados de excesso e escassez de pastagens. Para que não ocorra reflexo negativo da estacionalidade na produção do rebanho, é necessário que o excesso de forragens produzido no período chuvoso seja conservado para ser utilizado no período seco, garantindo aos animais boa qualidade de alimentação volumosa ao longo de todo o ano. A ensilagem, que consiste na fermentação anaeróbica de plantas forrageiras, constitui-se em boa opção de conservação de alimentos volumosos (McDonald et al., 1991)

Segundo Zago e Pozar (1991), a principal cultura para produção de silagem no Brasil é a do milho. O sorgo (*Sorghum bicolor*, L. Moench) ocupa

lugar secundário, sendo responsável por 10-12% da área total cultivada para esse fim. O sorgo é uma cultura muito versátil, prestando-se à produção de grãos, de feno, de silagem e ao pastejo direto. Apresenta tolerância à seca e às limitações de nutrientes no solo, sendo boa opção em regiões impróprias para o plantio do milho.

Além das limitações nutricionais, o processo de ensilagem apresenta riscos que podem levar a perdas de nutrientes decorrentes de fermentações indesejáveis. Sabe-se que uma grande variedade de aditivos é comercializada com o propósito de solucionar as limitações à obtenção de silagens de boa qualidade nas condições tropicais (Henderson, 1993).

A Tab. 1 apresenta uma compilação de características qualitativas utilizadas por diversos autores para avaliação de silagens.

Tabela 1. Classificação qualitativa de silagens segundo diversos critérios

Parâmetro	Muito Boa	Boa	Satisfatória	Ruim	Fonte
MS (%)	30-35	>25 20-29			PAIVA (1976) McDONALD et al. (1991) MEESKE et al. (1993)
pH	<3,8	3,8-4,2 3,8-4,2	4,2-4,6	>4,6	PAIVA (1976) VILELA (1998)
Ácido láctico (%MS)	4-6 >5	5-3	3-2	<2	ROTH e UNDERSANDER (1995) RODRIGUEZ et al. (1999)
Ácido acético (%MS)	<2 <2,5	>2,5	>2,5	>2,5	ROTH e UNDERSANDER (1995) RODRIGUEZ et al. (1999)
Ácido propiônico (%MS)	<0,5				ROTH e UNDERSANDER (1995)
Ácido butírico (%MS)	<0,1				ROTH e UNDERSANDER (1995)
Etanol (%MS)	<0,1 <0,5	0,1-0,2 <1	0,2-0,4	>0,4	PAIVA (1976) ROTH e UNDERSANDER (1995) McDONALD et al. (1991)
N-amoniacoal (% do N total)	0-10 <5	10-15 <12	15-20	>20	AFRC (1987) ROTH e UNDERSANDER (1995) MOLINA et al. (2002a; 2000b)
NIDA (% do N total)	<12				ROTH e UNDERSANDER (1995)
Carboidratos solúveis (% na MS do material original)	>2,5				PETTERSON e LINDGREN (1989)
FDN (% da MS)	<41				McDONALD et al. (1991)
FDA (% da MS)	<22				McDONALD et al. (1991)
DIVMS ⁵ (%)	>65	65-55	55-40	<40	PAIVA (1976)
Leveduras (UFC/g silagem)	<100.000				ROTH e UNDERSANDER (1995)
Fungos (UFC/g silagem)	<100.000				ROTH e UNDERSANDER (1995)
Aeróbios totais (UFC/g silagem)	<100.000				ROTH e UNDERSANDER (1995)
Bactérias ácido-lácticas (UFC/g de silagem)	>10 ⁸				MUCK (1988)

MS: matéria seca; NIDA: nitrogênio insolúvel em detergente ácido; FDN: fibra em detergente neutro; FDA: fibra em detergente ácido; DIVMS: digestibilidade *in vitro* da matéria seca.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar as características bromatológicas, as concentrações de carboidratos solúveis e de ácidos orgânicos e a digestibilidade *in vitro* da matéria seca de silagens de quatro híbridos de sorgo puras (sem aditivos), adicionadas de uréia, carbonato de cálcio, uréia mais carbonato de cálcio ou de inoculante bacteriano comercial.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados quatro cultivares de sorgo, sendo dois forrageiros (BR601 e AG2002) e dois de duplo propósito (BR700 e BR701), plantados e colhidos nas dependências da Embrapa Milho e Sorgo, no município de Sete Lagoas, Minas Gerais.

A colheita ocorreu quando os grãos apresentavam-se no estágio leitoso-pastoso, sendo o corte manual, rente ao solo. O material foi picado em picadeira estacionária.

Os aditivos foram adicionados, em porcentagem do material verde, no momento da ensilagem, nas seguintes proporções: 0,5% de uréia; 0,5% de CaCO₃; 0,5% de uréia mais 0,5% de CaCO₃; e dois litros de solução (1g de produto em cada litro de água) por tonelada de forragem de inoculante bacteriano¹. A adição foi feita no material espalhado sobre lona plástica, procedendo-se mistura vigorosa.

Os silos utilizados foram de PVC com 10cm de diâmetro interno e 50cm de comprimento, fechados com tampas dotadas de válvulas tipo Bunsen e lacrados com fita crepe.

Utilizaram-se três repetições por tratamento incluindo o controle (silagens sem aditivos), totalizando 60 silos.

Os silos foram abertos após 56 dias de fermentação. Para as determinações do pH, nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total (N-NH₃/NT), ácidos orgânicos, matéria seca (MS), proteína bruta (PB), digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina e carboidratos solúveis foram

adotadas as metodologias de Tilley e Terry (1963), Bailey (1967), Association... (1980) e Van Soest (1994).

O delineamento experimental foi o inteiramente ao acaso com três repetições por tratamento. Utilizou-se o teste SNK para a comparação entre médias dos híbridos, dentro de cada tratamento, e entre médias dos tratamentos, dentro de cada híbrido (P<0,05). As correlações entre variáveis foram determinadas pelo método de *Pearson*. O pacote estatístico utilizado foi o SAEG 7.0 (Sistema..., 1998).

Para as variáveis MS, PB, FDN, FDA, hemicelulose, celulose, lignina, DIVMS e carboidratos solúveis, avaliadas nos dois tipos de material (MOR e silagem), adotou-se esquema fatorial 6×4×3 (tratamentos × híbridos × repetições). Para as variáveis pH, N-NH₃/NT e ácidos orgânicos, avaliadas apenas no material ensilado, utilizou-se esquema fatorial 5×4×3 (tratamentos × híbridos × repetições).

Nas variáveis em que não houve interação híbrido versus tratamento, as comparações foram feitas somente entre as médias gerais. Quando a interação foi significativa, efetuou-se o desdobramento para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não houve efeito (P<0,05) dos aditivos sobre os conteúdos de MS dos MOR e das silagens (Tab. 2). Este fato é explicado tendo em vista que nenhum dos aditivos utilizados caracteriza-se por alterar os teores de MS. Este resultado foi semelhante aos obtidos por Higginbotham et al. (1998) e Meeske e Basson (1998). O teor de MS do MOR do híbrido BR700 não pôde ser determinado por falhas no momento da amostragem.

Os mais baixos teores de MS (P<0,05) foram obtidos nas silagens do híbrido AG2002, com exceção daquela com inoculante bacteriano, na qual não houve diferença (P>0,05) entre este híbrido e o BR601.

A adição exclusiva de uréia e CaCO₃ elevou o pH das silagens em relação à silagem-controle nos híbridos BR700 e BR701 (Tab. 3).

¹ Silobac® - Chr. Hansen Ind. Com. Ltda - Valinhos, SP

Tabela 2. Teor de matéria seca (%) no material original e nas silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
MOR	-	38,16Aa	30,94Ab	24,83Ab
Controle (sem aditivo)	39,39Aa	36,25Aa	32,47Aa	24,12Ab
Uréia	42,16Aa	35,65Aab	31,56Ab	24,49Ac
CaCO ₃	42,51Aa	37,43Aab	32,27Ab	25,04Ac
Uréia+CaCO ₃	40,50Aa	35,73Aab	31,96Ab	24,26Ac
Inoculante	33,05Aa	38,30Aa	24,80Ab	24,16Ab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente). CV= 13,1%. Teste SNK (P<0,05). MOR: material original.

Tabela 3. Valor de pH do suco das silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
Controle (sem aditivo)	3,87Dab	3,92Da	3,74Bb	3,75Bb
Uréia	4,48Bb	5,29Ba	3,87Bc	3,86Bc
CaCO ₃	4,20Cb	4,43Ca	3,89Bc	3,84Bc
Uréia+CaCO ₃	4,72Ab	5,81Aa	4,30Ac	4,05Ad
Inoculante	3,79Db	3,98Da	3,87Bab	3,72Bb

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente). CV= 3,5%. Teste SNK (P<0,05).

A maior elevação do pH foi observada quando da adição de uréia mais CaCO₃ nas silagens de todos os híbridos estudados (P<0,05). Este efeito provavelmente deveu-se à ação tamponante conjunta dos íons amônio e Ca. O poder tampão impediu a acidificação da massa ensilada mesmo na presença de grande quantidade de ácido láctico, pois como será mostrado posteriormente, as silagens contendo uréia e CaCO₃ apresentaram maior teor desse ácido do que as silagens-controle e, ainda assim, os maiores valores de pH.

A adição de inoculante bacteriano não resultou em efeito (P>0,05) sobre os valores de pH das silagens, provavelmente devido ao grande número de bactérias ácido-lácticas (BAL) presentes no MOR.

Observou-se correlação negativa (r=-0,40; P<0,01) entre pH e MS nas silagens. No geral, os materiais com maiores teores de umidade, BR601 e AG2002 nessa ordem, apresentaram os menores valores de pH, indicando que a acidificação é inibida pelos baixos teores de

umidade e pela alta pressão osmótica da massa ensilada.

Segundo Vilela (1998), pH entre 3,8 e 4,2 é o desejável para silagem considerada bem conservada. No entanto, o pH, isoladamente, não pode ser considerado como critério seguro para avaliação das silagens, pois seu efeito inibidor sobre as bactérias e enzimas das plantas depende da velocidade do declínio da concentração iônica e do grau de umidade do meio. Utilizando as classificações propostas na Tab. 1, com relação aos valores de pH, as silagens sem aditivos e aquelas contendo CaCO₃ ou inoculante bacteriano podem ser consideradas muito boas ou boas. Em silagens contendo uréia mais CaCO₃, o pH não é um bom critério de caracterização da qualidade, devido ao efeito tamponante dos sais de amônio e do Ca.

A adição de uréia e uréia mais CaCO₃ elevou o teor de N-NH₃/NT nas silagens de todos os híbridos, em relação à silagem-controle (Tab. 4). Esse aumento provavelmente é atribuído ao teor de nitrogênio não-protéico (NNP) desses aditivos, promovendo alcalinização da massa ensilada e condições adequadas para ação das enzimas proteolíticas das plantas e dos microrganismos. Além disso, os maiores valores de pH foram obtidos nas silagens adicionadas de uréia mais CaCO₃ (Tab. 3).

Tabela 4. Teor de nitrogênio amoniacal como porcentagem do nitrogênio total do suco das silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
Controle	0,26Bb	3,18Ca	4,62Ca	4,94Ca
Uréia	5,95Ac	41,50Ba	15,70Bb	16,22Bb
CaCO ₃	0,39Bb	3,62Ca	4,95Ca	5,45Ca
Uréia+CaCO ₃	5,58Ad	43,44Aa	29,68Ab	19,11Ac
Inoculante	0,38Bb	3,29Ca	4,94Ca	5,12Ca

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente). CV=10,4%. Teste SNK (P<0,05).

A utilização exclusiva de CaCO₃ ou inoculante bacteriano não alterou os teores de N-NH₃/NT das silagens em relação ao do controle, provavelmente porque os valores de pH obtidos (Tab. 3) foram suficientemente baixos para prevenir a proteólise excessiva.

Segundo Henderson (1993), os principais fatores que determinam a extensão da degradação proteica no material ensilado são: o conteúdo de MS, a presença de oxigênio, o pH e a temperatura.

Observou-se correlação positiva entre os teores de N-NH₃/NT e os valores de pH ($r=0,39$; $P<0,01$). Esse efeito indica que a acidificação do meio promoveu desnaturação das enzimas proteolíticas, causando redução no valor nutritivo da silagem pela conversão de proteínas em NNP. A maioria dessas enzimas é ativa somente em pH acima de cinco. Além disso, em pH próximo a quatro ocorre inibição das bactérias do gênero *Clostridium*, que também são responsáveis por proteólise.

Não houve correlação ($P>0,05$) entre os teores de N-NH₃/NT e de MS, indicando que os níveis de umidade foram adequados para prevenir a proteólise excessiva.

Segundo as classificações propostas na Tab. 1, em relação aos teores de N-NH₃/NT, as silagens sem aditivo e aquelas contendo CaCO₃ ou inoculante bacteriano podem ser consideradas muito boas. Assim como o pH, a porcentagem de N-NH₃/NT, isoladamente, não é uma característica confiável na avaliação qualitativa de silagens contendo uréia, pois sendo um subproduto dela, os níveis de amônia estarão aumentados nessas silagens, não indicando necessariamente fermentação inadequada.

A adição de uréia ou de uréia mais CaCO₃ às silagens aumentou substancialmente ($P<0,05$) o teor de PB (Tab. 5). A uréia é fonte de NNP, o que justifica essa observação. O aumento médio foi de 42% em relação à silagem-controle. Não houve diferença ($P>0,05$) entre os valores de PB observados nas silagens adicionadas de uréia mais CaCO₃ e aquelas contendo apenas uréia. Estes resultados assemelham-se aos obtidos por Gonçalves et al. (1998).

Não houve diferença significativa entre os valores de PB das silagens com adição de CaCO₃ e as silagens-controle, indicando que o cálcio, presente nesse aditivo, não propiciou aumentos na síntese de proteína microbiana e, portanto, não foi um nutriente limitante.

Tabela 5. Teor de proteína bruta (%) no material original e nas silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
MOR	-	7,69Ba	5,91Bb	6,88Ca
Controle	7,59Bab	7,82Ba	6,62Bb	7,45Cab
Uréia	9,43Ab	9,91Ab	10,12Ab	12,46Aa
CaCO ₃	7,42Bab	7,88Ba	6,51Bb	7,42Cab
Uréia+CaCO ₃	9,25Ab	9,35Ab	10,18Aab	10,56Ba
Inoculante	8,74Aa	7,6Bb	6,56Bc	7,27Cbc

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 6,3%. Teste SNK ($P<0,05$). MOR: material original.

A adição de inoculante bacteriano elevou ($P<0,05$) a concentração de PB das silagens em relação à do controle apenas quando se utilizou o híbrido BR700, indicando que a inoculação corrigiu uma provável deficiência na concentração de BAL nesse material.

No geral, as silagens-controle apresentaram teor de FDN inferior àquele do MOR, indicando que os microrganismos presentes na massa ensilada degradaram parte dessa fração fibrosa (Tab. 6).

Tabela 6. Teor de fibra em detergente neutro (%) no material original e nas silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
MOR	-	64,67Aa	60,27Ab	53,53Ac
Controle	55,10Aa	55,03Ca	47,87Db	50,27ABb
Uréia	56,63Ab	60,70ABa	54,33Bbc	51,93Ac
CaCO ₃	58,60Aa	57,30BCa	49,10CDB	46,10Bb
Uréia+CaCO ₃	56,73Ab	61,33ABa	54,23Bbc	50,70ABc
Inoculante	54,80Ab	58,67BCa	52,77BCbc	50,03ABc

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 4,1%. Teste SNK $P<0,05$. MOR: material original.

As silagens dos híbridos BR701 e BR601 com uréia ou uréia mais CaCO₃ apresentaram teores de FDN superiores ($P<0,05$) aos do controle. Entretanto, não houve efeito ($P>0,05$) da adição isolada de CaCO₃ sobre o referido teor, indicando que a uréia pode ter afetado negativamente o desenvolvimento das bactérias fibrolíticas.

Não houve alteração no teor de FDA ($P>0,05$) em razão da adição de uréia e inoculante bacteriano nas silagens dos híbridos BR700, BR701 e AG2002 (Tab. 7). Os demais aditivos

Qualidade de silagens de sorgo com aditivos

não promoveram alteração no teor de FDA ($P>0,05$) na silagem de nenhum dos híbridos.

Tabela 7. Teor de fibra em detergente ácido (%) no material original e nas silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
MOR	-	31,17Aa	27,33Ab	27,07ABb
Controle	30,47ABa	28,4Aab	23,13Bc	27,63ABb
Uréia	29,07ABab	29,63Aa	26,43Ab	27,53ABab
CaCO ₃	28,47Ba	28,53Aa	25,37ABb	26,13ABab
Uréia+CaCO ₃	29,63ABa	30,57Aa	24,67ABb	25,23Bb
Inoculante	29,10ABab	31,27Aa	26,43Ab	28,77Aab

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 5,1%. Teste SNK ($P<0,05$). MOR: material original.

Houve redução ($P<0,05$) no teor de hemicelulose na silagem dos híbridos BR701, BR601 e AG2002 em relação ao MOR. As silagens com aditivos, à exceção daquelas com uréia e uréia mais CaCO₃ do híbrido BR701, e CaCO₃ do híbrido BR700 (Tab. 8), apresentaram teor de hemicelulose igual ou inferior ao do controle. De acordo com Hunt et al. (1993), as hemiceluloses parecem ser o principal substrato para a fermentação, após a utilização dos carboidratos solúveis, podendo haver degradação de até 50% do total presente no MOR.

Tabela 8. Teor de hemicelulose (%) no material original e nas silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
MOR	-	33,50Aa	32,93Aa	26,47Ab
Controle	24,63Bab	26,63Ca	24,73Dab	22,63BCb
Uréia	27,57Bb	31,07ABa	27,90BCb	24,40ABc
CaCO ₃	30,13Aa	28,77BCa	23,73Db	19,97Cc
Uréia+CaCO ₃	27,10Bbc	30,77ABa	29,57Bab	25,47ABc
Inoculante	25,70Ba	27,40Ca	26,33CDa	21,27Cb

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 5,7%. Teste SNK ($P<0,05$). MOR: material original.

Houve redução ($P<0,05$) no teor de celulose na silagem dos híbridos BR701 e BR601 em relação ao MOR.

A silagem dos híbridos BR701 e BR601 adicionada de uréia pura ou com CaCO₃, e a inoculada, apresentaram teor de celulose superior ($P<0,05$) ao do controle (Tab. 9).

Tabela 9. Teor de celulose (%) no material original e nas silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
MOR	-	26,13Aa	23,97Aab	22,50Ab
Controle	25,13ABa	22,03Bb	19,53Bc	23,73Aab
Uréia	23,93ABa	24,60Aa	23,30Aa	23,87Aa
CaCO ₃	23,17Ba	23,97ABa	22,10Aa	22,47Aa
Uréia+CaCO ₃	25,00ABa	25,13Aa	21,77Ab	21,50Ab
Inoculante	23,40ABa	25,80Aa	23,33Aa	24,20Aa

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 5,5%. Teste SNK ($P<0,05$). MOR: material original.

A adição exclusiva de CaCO₃ não alterou ($P<0,05$) o teor de celulose da silagem dos híbridos BR700, BR701 e AG2002 em relação ao do controle.

A ausência de resposta à adição, conjunta ou isolada, de uréia e CaCO₃ sobre as frações fibrosas da parede celular pode indicar que os nutrientes fornecidos por esses aditivos não propiciaram crescimento na população de microrganismos e, portanto, não foram limitantes. Nos casos em que houve aumento das frações fibrosas, pode-se suspeitar que os aditivos propiciaram desequilíbrios no meio, prejudicando a ação das bactérias fibrolíticas.

A resposta à inoculação parece indicar que as BAL presentes no inoculante apresentaram maior afinidade por substratos mais solúveis, em detrimento da parede celular.

Não houve diferença nos teores de lignina entre os tratamentos (Tab. 10). Por ser um composto de pouca, ou nenhuma digestibilidade, essa resposta é bastante coerente.

Tabela 10. Teor de lignina (%) no material original e nas silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002	Média
MOR	-	5,03	3,37	4,57	4,67A
Controle	5,33	6,37	3,60	3,90	4,80A
Uréia	5,13	5,03	3,13	3,67	4,24A
CaCO ₃	5,30	4,57	3,27	3,67	4,20A
Uréia+CaCO ₃	4,63	5,43	2,90	3,73	4,18A
Inoculante	5,70	5,47	3,10	4,57	4,71A

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 12,0%. Teste SNK ($P<0,05$) MOR: material original.

A adição de uréia, de CaCO_3 , ou de inoculante não propiciou aumento ($P>0,05$) nos valores de DIVMS das silagens, exceto aquelas do BR700 (Tab. 11).

Tabela 11. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca (%) do material original e das silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
MOR	-	59,88Ab	63,17ABa	58,91Bb
Controle	55,86Bb	57,12Ab	61,12ABa	57,52Bb
Uréia	62,23Aa	58,36Ab	60,41Bab	58,80Bb
CaCO_3	61,52Aa	59,29Aa	54,91Cb	61,21ABa
Uréia+ CaCO_3	61,52Aa	56,38Ab	64,24Aa	62,70Aa
Inoculante	61,70Aa	56,97Ab	59,93Bab	58,27Bb

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 2,9%. Teste SNK ($P<0,05$). MOR: material original.

A adição conjunta de uréia e CaCO_3 propiciou aumento nos valores de DIVMS, em relação ao controle, das silagens dos híbridos BR700 e AG2002. Gonçalves et al. (1998) obtiveram maior DIVMS em silagens contendo esses aditivos.

De acordo com a classificação proposta por Paiva (1976) (Tab. 1), todas as silagens avaliadas são consideradas de boa qualidade, em relação aos valores de DIVMS.

Os maiores teores de carboidratos solúveis foram obtidos no MOR (Tab. 12), não sendo observada diferença significativa entre os tratamentos ($P>0,05$). Os carboidratos são o principal substrato para a fermentação no material ensilado, sendo quase totalmente consumidos durante o processo, o que explica esse efeito.

Tabela 12. Teor de carboidratos solúveis (%) no material original e nas silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002
MOR	-	2,16Ad	6,76Ab	8,75Aa
Controle	0,12Ba	0,12Ba	0,22Ba	0,29Ba
Uréia	0,08Ba	0,09Ba	0,22Ba	0,34Ba
CaCO_3	0,08Ba	0,10Ba	0,16Ba	0,31Ba
Uréia+ CaCO_3	0,09Ba	0,09Ba	0,13Ba	0,20Ba
Inoculante	0,14Ba	0,17Ba	0,17Ba	0,36Ba

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 12,7%. Teste SNK ($P<0,05$). MOR: material original.

Dentre os híbridos, o maior teor de carboidratos solúveis foi observado no AG2002, seguido, nesta ordem, pelo BR601 e BR701. Esta observação pode ser explicada em função do caráter sacarino, rico em carboidratos solúveis, do colmo dos híbridos AG2002 e BR601.

Os teores de carboidratos solúveis correlacionaram-se negativamente com aqueles de MS ($r=-0,26$; $P<0,01$) no MOR e nas silagens ($r=-0,70$; $P<0,01$), FDN ($r=-0,68$; $P<0,01$), FDA ($r=-0,31$; $P<0,01$), hemicelulose ($r=-0,72$; $P<0,01$) e lignina ($r=-0,41$; $P<0,01$). Esses efeitos se justificam em função do aumento proporcional das frações fibrosas, com o aumento no teor de MS, e concomitante redução no conteúdo celular.

De acordo com a classificação proposta na Tab. 1, todas as silagens, exceto aquelas do híbrido BR701, podem ser consideradas como de muito boa qualidade, pois apresentaram teores de carboidratos solúveis, no MOR, superiores a 2,5%.

As silagens avaliadas apresentaram valores traço ou zero de ácido propiônico e butírico. Portanto, somente são apresentados os teores dos ácidos acético e láctico.

A Tab. 13 apresenta os teores de ácido acético das silagens sem e com aditivos. Não houve interação significativa entre híbridos e tratamentos

Tabela 13. Teor de ácido acético (%) das silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002	Média
Controle	1,21	1,73	1,52	2,42	1,72B
Uréia	2,44	1,38	1,77	2,59	2,05B
CaCO_3	2,21	1,94	2,20	3,44	2,45AB
Uréia+ CaCO_3	3,21	1,48	4,32	3,37	3,09A
Inoculante	1,21	1,77	2,19	2,93	2,02B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).

CV= 41,1%. Teste SNK ($P<0,05$).

O tratamento com uréia mais CaCO_3 foi o único que propiciou aumento ($P<0,05$) no teor de ácido acético em relação ao do controle. Este efeito provavelmente deveu-se à ação tamponante conjunta dos íons Ca e amônia aumentando a

produção deste ácido. Scheffer de Rojas (1976) também observou maiores teores de ácido acético nas silagens de milho contendo 0,5% de uréia mais 0,5% de CaCO_3 , em relação àquelas sem aditivo.

Os teores de ácido acético apresentaram correlação positiva com o pH ($r=0,40$; $P<0,01$). Esta observação indica que o ácido acético não contribuiu na acidificação do material ensilado, talvez por estar presente em concentrações muito baixas.

Houve correlação negativa entre os teores de ácido acético e FDN ($r=-0,22$; $P<0,05$), e FDA ($r=-0,28$; $P<0,05$) indicando que estes substratos foram utilizados para a fermentação acética. Observou-se correlação negativa entre ácido acético e MS ($r=0,73$; $P<0,01$), indicando que a baixa umidade e a pressão osmótica têm efeito inibidor sobre a fermentação.

A Tab. 14 apresenta os teores de ácido láctico das silagens sem e com aditivos. Não houve interação significativa entre híbridos e tratamentos.

Tabela 14. Teor de ácido láctico (%) das silagens de quatro híbridos de sorgo sem e com aditivos

Tratamento	BR700	BR701	BR601	AG2002	Média
Controle	4,62	5,00	6,90	8,54	6,26B
Uréia	7,47	3,96	6,90	9,62	6,99B
CaCO_3	6,13	7,55	9,76	13,38	9,21AB
Uréia+ CaCO_3	11,94	3,31	18,90	15,12	12,32A
Inoculante	4,58	6,64	5,47	7,65	6,08B

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha ou mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si (entre híbridos e entre tratamentos, respectivamente).
CV= 48,6%. Teste SNK $P<0,05$.

O tratamento com uréia mais CaCO_3 foi o único que propiciou aumento no teor de ácido láctico da silagem, em relação ao do controle. Provavelmente, ocorreu um somatório dos efeitos tamponantes dos sais de amônio e cálcio, uma vez que a adição isolada dos aditivos não resultou em estímulo à produção desse ácido. A ausência de resposta à inoculação pode ser devida a um alto número de BAL presente na cultura antes da ensilagem.

Observou-se correlação negativa entre o teor de ácido láctico e pH ($r=-0,47$; $P<0,01$), indicando que o ácido láctico é o principal responsável pela acidificação do material ensilado, em função do

baixo Pka. Os teores de ácido láctico correlacionaram-se negativamente com as concentrações de MS ($r=-0,75$; $P<0,01$), confirmando o efeito inibitório da umidade sobre a fermentação. Houve correlação negativa entre os teores de ácido láctico e FDN ($r=-0,29$; $P<0,05$), FDA ($r=-0,37$; $P<0,01$) e celulose ($r=-0,22$; $P<0,05$), indicando que esses substratos são utilizados na fermentação láctica.

De modo geral, todas as silagens avaliadas neste trabalho podem ser consideradas muito boas, em relação aos teores de ácido láctico, de acordo com as classificações propostas na Tab. 1.

CONCLUSÕES

As silagens contendo CaCO_3 e inoculante bacteriano como aditivos apresentaram, no geral, características muito semelhantes às do controle, não justificando, dessa forma, sua utilização em nenhum dos híbridos avaliados. A utilização de 0,5% de uréia pode ser recomendada nas silagens dos híbridos BR700, BR601 e AG2002.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AFRC. Technical Committee on Responses to Nutrients. Report n.2. Characterization of feedstuffs. *Nutr. Abstr. Rev., Ser. B*, v.57, p.713-736, 1987.
- ASSOCIATION Official Analytical Chemists. *Official methods of analysis*. 13.ed. Washington: AOAC, 1980.1015p.
- BAILEY, R.W. Quantitative studies of ruminant digestion. II. Loss of ingested plant carbohydrates from the reticulo rumen. *New Zeal. J. Agric. Res.*, v.10, p.15-32, 1967.
- BORGES, A.L.C.C.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.S. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. II- Alterações nos carboidratos durante a fermentação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.51, p.491-497, 1999.
- GONÇALVES, L.C.; BORGES, A.L.C.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Valor nutritivo de silagens de milho puras, ou adicionadas de uréia pura ou com carbonato de cálcio, e do rolão de milho. I- Consumo e digestibilidade aparente da

- matéria seca e da proteína bruta e balanço do nitrogênio. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.50, p.309-315, 1998.
- HENDERSON, N. Silage additives. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.45, p.35-56, 1993.
- HIGGINBOTHAM, G.E.; MUELLER, S.C.; BOLSEN, K.K. et al. Effects of inoculants containing propionic acid bacteria on fermentation and aerobic stability of corn silage. *J. Dairy Sci.*, v.81, p.2185-2192, 1998.
- HUNT, C.W.; KEZAR, W.; HINMAN, D.D. et al. Effects of hybrid and ensiling with and without a microbial inoculant on the nutritional characteristics of whole-plant corn. *J. Anim. Sci.*, v.71, p.38-43, 1993.
- McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. *The biochemistry of silage*. 2.ed. Marlow: Chalcombe Publications, 1991. 340p.
- MEESKE, R.; ASHBELL, G.; WEINBERG, Z.G. Ensiling forage sorghum at two stages of maturity with the addition of lactic acid bacterial inoculants. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.43, p.165-175, 1993.
- MEESKE, R.; BASSON, H.M. The effect of a lactic acid bacterial inoculant on maize silage. *Anim. Feed Sci. Technol.*, v.70, p.239-247, 1998.
- MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Digestibilidade *in situ* das frações fibrosas de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em diferentes estádios de maturação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.54, p.169-179, 2002a.
- MOLINA, L.R.; GONÇALVES, L.C.; RODRIGUEZ, N.M. et al. Qualidade das silagens de seis genótipos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L) Moench) em diferentes estádios de maturação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.54, p.159-168, 2002b.
- MUCK, R.E. Factors influencing silage quality and their implications for management. *J. Dairy Sci.*, v.71, p.2992-3002, 1988.
- PAIVA, J.A.J. *Qualidade das silagens da região metalúrgica de Minas Gerais*. 1976. 85f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- PETTERSON, K.L.; LINDEREN, S. The influence of the carbohydrate fraction and additives on silage quality. *Grass For. Sci.*, v.45, p.223-233, 1989.
- RODRIGUEZ, N.M.; GONÇALVES, L.C.; NOGUEIRA, F.A.S. et al. Silagem de sorgo de porte baixo com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo. I- pH e teores de matéria seca e de ácidos graxos durante a fermentação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v.51, p.485-490, 1999.
- ROTH, G.; UNDERSANDER, D. Silage additives. In: CORN SILAGE PRODUCTION MANAGEMENT AND FEEDING. Madison: Madison American Society of Agronomy, 1995. P.27-29.
- SCHEFFER DE ROJAS, S.A. *Efeito de aditivos e do momento de vedação na qualidade da silagem de milho em condições de laboratório*. 1976. 83f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- SISTEMA de análises estatísticas e genéticas – SAEG. Versão 7.0. Viçosa: UFV, 1998.
- TILLEY, J.M.A.; TERRY, R.A. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *J. Brit. Grass. Soc.*, v.18, p.104-111, 1963.
- VAN SOEST, P.J. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2.ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476p.
- VILELA, D. Aditivos para silagem de plantas de clima tropical. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35, 1998, Botucatu, SP. *Anais...BOTUCATU:SBZ*, 1998. P.73-108
- ZAGO, C.P.; POZAR, G. Época de corte de sorgo (*Sorghum bicolor* L. MOENCH) e sua influência sobre a porcentagem de matéria seca e de panícula. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 28., 1991. João Pessoa. *Anais... JOÃO PESSOA:SBZ*, 1991. P.61.