

# PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA<sup>1</sup>

LISBETH ALENDEZ ROSALES<sup>2</sup>, CINIRO COSTA<sup>3</sup>, MARCO AURÉLIO FACTORI<sup>2</sup>, PAULO ROBERTO DE LIMA MEIRELLES<sup>4</sup>, GELTA JULIANA MORAES<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 28/03/08. Aceito para publicação em 13/10/08.

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), Caixa postal 560, CEP 18618-000, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: [lizalendez@gmail.com](mailto:lizalendez@gmail.com)

<sup>3</sup>Departamento de Melhoramento Genético e Nutrição Animal, FMVZ, UNESP, Botucatu, SP, Brasil.

<sup>4</sup>Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) Amapá, Rodovia Juscelino Kubitschek, km 5, nº 2600 CEP 68903-419, Caixa postal 10, Macapá, AP, Brasil.

RESUMO: Dois híbridos de milho, BM 2202 e BRS 3003 de grãos semiduros vermelho-alaranjados, ciclo precoce e porte médio/alto, foram usados para avaliar a produtividade e valor nutritivo para silagem em função do espaçamento e da densidade de semeadura. O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado com tratamento em esquema fatorial de dois híbridos (BM 2202 e BRS 3003) x dois espaçamentos (0,45 e 0,90m) x três densidades (60.000, 70.000 e 80.000pl ha<sup>-1</sup>), com três repetições. As características avaliadas foram: teor de matéria seca, proporção das frações da planta, produtividade de massa seca (t ha<sup>-1</sup>) e composição bromatológica do caule com relação à fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, celulose, lignina e digestibilidade in vitro da matéria seca (DIVMS). A porcentagem de MS da planta inteira do híbrido BM 2202 (49,50%) foi maior que o híbrido BRS 3003 (44,97%), assim como para espaçamento com 49,03 e 45,44%, para 0,90 e 0,45m respectivamente e, sem efeitos para densidade. A contribuição do grão foi maior no híbrido BM 2202 (50,20%), já no espaçamento a variável caule teve 24,01% (0,45m) e 21,21% (0,90m). O híbrido BRS 3003 apresentou melhor produtividade na planta inteira (t ha<sup>-1</sup>) tanto como nas suas frações e o aporte das mesmas, de modo geral o híbrido BRS 3003 apresentou menor concentração de fibra e maior DIVMS. A redução do espaçamento de 0,90 para 0,45m gerou maior produção de massa seca e melhor qualidade nutritiva do milho para silagem com menores concentrações de FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina do caule, pela menor competição intraespecífica no cultivo com melhor distribuição espacial das plantas. O adensamento não demonstrou ganhos diferenciáveis na produtividade de MS, e nas concentrações de FDN, FDA, celulose e lignina, sendo menores para a densidade de 60.000pl ha<sup>-1</sup>. Concluiu-se que o menor espaçamento (0,45m) e as densidades de 60.000 e 70.000pl ha<sup>-1</sup> proporciona forragem de melhor valor nutritivo para ensilagem do milho.

Palavras chave: caule, digestibilidade, forragem, lignina, maturidade, *Zea mays* L.

## YIELD AND NUTRITIVE VALUE OF MAIZE HYBRIDS FOR SILAGE ACCORDING TO DISTANCE AND DENSITY OF SOWING

ABSTRACT: Two corn hybrids of semi flint grains red-orange, BM 2202 and BRS 3003 of precocity cycle and medium/height size, were used to evaluate the yield and nutritive value of silage according to distance and density of sowing. The experimental design was the randomized complete factorial model, were used two hybrids (BM 2202 and BRS 3003), two spacing (0.45 and 0.90m), three densities (60,000; 70,000 and 80,000 plants per ha) with three replications. The characters studied were: dry matter contents (DM), plant fractions proportions, dry matter yield (t ha<sup>-1</sup>), stalk bromatology components correlated with neutral detergent fiber (NDF), fiber in acid detergent (ADF), hemicellulose, cellulose, lignin and in vitro digestibility of dry mater (IVDMD). The DM percentage of the whole plant to hybrid BM 2202 (49.50%) was higher in comparison to

BRS 3003 hybrid (44.97%), also to distance with 49.03% (0.90 m) and 45.44% (0.45m) without density effect. Kernel contribution was higher in BM 2202 hybrid (50.20%) and for the distance the variable stalk percentage had 24.01% (0.45m) and 21.21% (0.90m) of contribution. The BRS 3003 hybrid showed better yield in whole plant to DM ( $t\ ha^{-1}$ ), including the fractions. In general BRS 3003 hybrid showed low fiber concentration and bigger IVDMD. The reduction of the spacing from 0.90 to 0.45 m generated biggest production of DM and better nutritive value characteristics for silage with low concentrations of NDF, ADF, hemicelulose, cellulose and lignin of stalk due to failure intra-specific competition between plants. The density did not demonstrate differences in the gains of DM and NDF, ADF cellulose and lignin concentrations, being smaller at density of  $60,000\ pl\ ha^{-1}$ . We concluded that the low spacing (0.45m) and densities 60,000 and  $70,000\ pl\ ha^{-1}$ , gives forage with better nutritive value to maize silage.

Key words: digestibility, forage, lignin, maturity, stalk, *Zea mays* L.

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura versátil, sendo importante fonte de forragem, produzindo alta produtividade de massa seca e características nutritivas, melhores que outras gramíneas (LAUER, 1997). A produtividade é determinada por seu potencial genético e/ou impacto do ambiente sobre sua capacidade de crescimento e o destino de matéria seca para a formação de grãos (ANDRADE *et al.*, 1993). Desta forma, o adequado espaçamento entre plantas é decisivo para se obter maior rendimento e qualidade, maximizando o potencial de produção do milho.

O efeito do espaçamento entre linhas sobre a produtividade de grão depende do genótipo, da população de plantas e das condições ambientais e de manejo durante o cultivo (ROMERO e ARONNA, 2004; BALBINOT e FLECK, 2005). A tendência atual é a redução do espaçamento entre linhas de plantas de milho promovendo a distribuição mais equidistante das plantas na área, podendo aumentar a eficiência do uso da radiação fotossinteticamente ativa, água e nutrientes, incrementando a produtividade e a qualidade da forragem (PAIVA, 1991). Segundo LESKEM e WERMKE (1981), na cultura do milho com altas densidades de plantas há melhoria na qualidade de colmo, quanto aos teores de carboidratos solúveis, podendo ocorrer redução no teor de FDN. ALVAREZ *et al.* (2006), sugeriram que para um mesmo híbrido, maior densidade de plantas pode resultar em plantas com colmos mais finos e tenros, porém segundo BARBOSA (1995) altas densidades têm elevada correlação com a redução do peso de espigas, o que poderia prejudicar a qualidade da silagem.

O ponto de maturidade na colheita afeta a quali-

dade da silagem de milho, influenciando o conteúdo de umidade e digestibilidade (ROMERO e ARONNA, 2004). Na produção de silagem de milho de boa qualidade deve-se considerar não somente o percentual de grãos na massa ensilada, mas também os demais componentes da planta como um todo (NUSSIO *et al.*, 2001). A maturidade tem efeito no valor nutritivo, e densidade de compactação (JOHNSON *et al.*, 2002a) influenciando fortemente o tipo de fermentação no silo. Assim, o nível recomendado de MS para ensilar a planta de milho deve ser de 30 a 40% para silo trincheira e de 40 a 50% para silo "bag" (WATTIAUX, 1999).

Desta forma o trabalho objetivou avaliar o efeito do espaçamento e da densidade de semeadura sobre a produtividade e qualidade da forragem de híbridos de milho para silagem.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na UNESP - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Fazenda Experimental Lageado, campus de Botucatu, no ano agrícola 2005/2006. O local situa-se a 800 m de altitude e tem como coordenadas geográficas  $22^{\circ}52'$  de latitude sul e  $48^{\circ}26'$  de longitude oeste. O clima do município de Botucatu segundo a classificação proposta por Köppen é Cwa temperado quente mesotérmico, com precipitação média anual de 1.479mm, com chuvas no verão e seca no inverno, e temperatura média mais quente superior a  $22^{\circ}C$  (CUNHA *et al.*, 1999).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo vermelho-escuro, Tb álico. A análise de solo mostrou valores de  $pH(CaCl_2) = 5,8$ ;  $MO=27g\ kg^{-1}$ ;  $P=15mg\ dm^{-3}$ ;  $K=2,3mmolc\ dm^{-3}$ ;  $Ca=24\ mmolc$

dm<sup>-3</sup>; Mg= 8 mmolc dm<sup>-3</sup>; H + Al=24 mmolc dm<sup>-3</sup> e V = 51 %. Para o estabelecimento da cultura de milho, foi realizado o preparo do solo, com aração profunda, destorroamento e nivelamento sob sistema de cultivo convencional, sem irrigação.

Por ocasião da semeadura, aplicou-se adubo correspondente a 320kg ha<sup>-1</sup> da fórmula 08-28-16 (N-P-K). Realizou-se também, uma adubação em cober-

tura com 200kg ha<sup>-1</sup> de uréia, 30 dias após a semeadura.

A instalação foi realizada o dia 27 de dezembro de 2005, a semeadura efetuada em linhas, sendo que cada parcela foi composta por quatro linhas de cinco metros de comprimento. As características dos híbridos BM 2202 e BRS 3003 estudados são apresentadas na Tabela 01.

**Tabela 1. Características fenotípicas e de plantio dos híbridos de milho avaliados**

| Característica | BM 2202  | BRS 3003   |
|----------------|--|--|
| Grãos          | Semiduros, vermelho-alaranjados                        | Semiduros, vermelhos                                   |
| Ciclo          | Precoce  | Precoce  |
| Porte          | Médio/Alto   | Médio/Alto   |
| Densidade      | 55.000 – 60.000 (Normal)<br>45.000 – 50.000 (Safrinha) | 55.000 – 60.000 (Normal)<br>45.000 – 50.000 (Safrinha) |
| Uso            | Grãos/Silagem  | Grãos/Silagem  |

A coleta do material foi realizada no dia 12 de abril de 2006, 108 dias após a semeadura. O critério utilizado para a determinação do ponto de colheita foi quando os grãos atingiram a maturidade fisiológica, no ponto denominado de camada preta, com estimativa visual de ocorrência localizada entre metade e dois terços da espiga. A altura de corte do milho foi efetuada a 0,20m do solo, em 1 m<sup>2</sup> por parcela, nas linhas centrais, sendo que as duas linhas laterais e as extremidades foram consideradas como bordadura.

Colheram-se as plantas numa mesma linha considerando o espaçamento, a amostra total foi pesada para a determinação da produtividade de matéria verde, sendo separada nas partes: folha (lâmina foliar), caule (caule+bainha+pendão), as espigas foram subdivididas em grãos, brácteas e sabugo. Procedeu-se, igualmente, a pesagem dessas diferentes frações, das quais, foram retiradas sub-amostras representativas de cada fração.

As sub-amostras das partes do material colhido foram secas em estufa de circulação forçada a 65°C, por 72 horas e/ou até obter peso constante para a determinação do teor de matéria seca. O caule foi moído em moinho tipo Willey, com criva de 1mm, para a determinação da matéria seca a 105°C para posteriores análises bromatológicas.

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram determinados conforme Van Soest (1991); a hemicelulose, celulose e lignina, segundo AOAC (1995). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) segundo metodologia descrita por CAMPOS *et al.* (2004).

O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 híbridos BM 2202 e BRS 3003 x 2 espaçamentos 0,45 e 0,90m x 3 densidades 60.000, 70.000 e 80.000pl ha<sup>-1</sup>, com 3 repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do SAS (SAS V.8., 2001). Para a comparação entre médias foi utilizado o teste de tukey (p<0,05).

**Modelo estatístico**

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + E_j + D_k + (H^*E)_{ij} + (H^*D)_{ik} + (E^*D)_{jk} + (H^*E^*D)_{ijk} + \hat{a}_{ijkl}, \text{ em que:}$$

Y<sub>ijkl</sub> = característica avaliada na parcela l do híbrido i, no espaçamento j, e densidade k;

m = constante inerente às observações Y<sub>ijkl</sub>;

H<sub>i</sub> = efeito do híbrido i, sendo i = 1: BM 2202 e 2: BRS 3003;

$E_j$  = efeito do espaçamento  $j$ , sendo  $j = 1: 0,45$  m e  $2: 0,90$  m;

$D_k$  = efeito da densidade  $k$ , sendo  $k = 1: 60.000$ ,  $2: 70.000$  e  $3: 80.000$  plantas  $ha^{-1}$ ;

$(H^*E)_{ij}$  = efeito da interação do híbrido  $i$  e espaçamento  $j$ ;

$(H^*D)_{ik}$  = efeito da interação do híbrido  $i$  e densidade  $k$ ;

$(E^*D)_{jk}$  = efeito da interação do espaçamento  $j$  e densidade  $k$ ;

$(H^*E^*D)_{ijk}$  = efeito da interação do híbrido  $i$ , espaçamento  $j$  e densidade  $k$ ;

$\hat{\alpha}_{ijkl}$  = erro experimental, associado a cada observação  $Y_{ijkl}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Teor de matéria seca das frações estruturais do milho (%)

Os teores médios de matéria seca da planta inteira, e das frações estruturais do milho em função do híbrido, espaçamento e densidade de semeadura são apresentados na Tabela 02, sendo que as interações não apresentaram efeitos estatísticos ( $P > 0,05$ ).

**Tabela 2. Médias do teor de matéria seca (%) da planta inteira e frações estruturais do milho em função do híbrido, espaçamento e densidade**

| Variável       | HÍBRIDO |          |     | ESPAÇAMENTO |        |     | DENSIDADE ( $pl\ ha^{-1}$ ) |                    |         |    | Média | CV (%) |
|----------------|---------|----------|-----|-------------|--------|-----|-----------------------------|--------------------|---------|----|-------|--------|
|                | BM 2202 | BRS 3003 | P   | 0,45m       | 0,90m  | P   | 60.000                      | 70.000             | 80.000  | P  |       |        |
| Planta Inteira | 49,50a  | 44,97b   | *** | 45,44b      | 49,03a | *** | 47,08                       | 47,62              | 47,00   | ns | 47,24 | 4,22   |
| Lâmina Foliar  | 58,74a  | 41,62b   | *** | 42,12b      | 58,24a | *** | 48,11                       | 51,39              | 51,04   | ns | 50,18 | 11,73  |
| Caule          | 27,43   | 26,26    | ns  | 26,98       | 26,71  | ns  | 26,72                       | 27,21              | 26,61   | ns | 26,85 | 7,20   |
| Bráctea        | 60,68   | 58,26    | ns  | 55,25b      | 63,69a | **  | 60,79                       | 59,42 <sup>a</sup> | 58,20   | ns | 59,47 | 9,76   |
| Sabugo         | 45,52   | 45,92    | ns  | 46,21       | 45,23  | ns  | 47,25a                      | 44,36b             | 45,54ab | *  | 45,72 | 5,29   |
| Grão           | 71,41a  | 68,71b   | *** | 70,31       | 69,82  | ns  | 70,06                       | 69,87              | 70,26   | ns | 70,06 | 1,38   |

\*\*\*:  $P < 0,0001$

\*\* :  $P < 0,01$

\* :  $P < 0,05$

ns = Não significativo ( $P > 0,05$ ).

a,b : Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey.

O híbrido BM 2202 apresentou 4,53% de MS acima dos valores do híbrido BRS 3003, bem como para os valores de MS da lâmina foliar e grão, no entanto não houve diferença para as frações caule, bráctea e sabugo. Em termos gerais o híbrido BRS 3003 apresentou menor porcentagem de MS na planta inteira, devido à menor porcentagem de MS das folhas e grãos.

JOHNSON *et al.* (2002a), avaliando os híbridos 3845 vs Quanta, em diferentes estágios de maturidade constataram diferenças para os teores de matéria

seca das frações grão, sabugo e caule, colhidos no mesmo estágio de maturidade (camada preta) o que corrobora com os valores obtidos neste experimento. Sendo os valores do híbrido Quanta intermediários aos dos híbridos utilizados neste experimento.

No estudo de NEUMAN *et al.*, (2006) os teores de MS das partes da espiga (50,3%) foi superior ao colmo e folhas, mostrando que o teor de MS da espiga associado à participação percentual deste componente na estrutura da planta determina o teor de MS final da silagem resultante.

O espaçamento influenciou os valores médios de MS da planta inteira, lâmina foliar e bráctea com maiores valores para o espaçamento de 0,90m entre linhas, porem não afetaram o teor de MS do caule, sabugo e grão, tal fato indica que o menor espaçamento nas linhas proporcionou menor perda de água para algumas frações da planta de milho.

Com relação às densidades, constatou-se diferença, apenas para a fração sabugo, evidenciando

que a densidade de semeadura não tem efeito na porcentagem de MS da planta inteira.

**Proporção das frações da planta de milho (% da MS)**

A composição percentual das frações da planta de milho, com base na matéria seca é apresentada na Tabela 03, diferenças estatísticas foram encontradas para o híbrido, espaçamento e densidade de semeadura, e sem diferenças para as interações.

**Tabela 3. Médias da proporção das frações da planta milho (% da MS) em função do híbrido, densidade e do espaçamento**

| Variável      | HÍBRIDO |          |     | ESPAÇAMENTO |        |     | DENSIDADE (pl ha <sup>-1</sup> ) |        |        |    | Média | CV (%) |
|---------------|---------|----------|-----|-------------|--------|-----|----------------------------------|--------|--------|----|-------|--------|
|               | BM 2202 | BRS 3003 | P   | 0,45m       | 0,90m  | P   | 60.000                           | 70.000 | 80.000 | P  |       |        |
| Lâmina Foliar | 12,14b  | 13,25a   | **  | 12,96       | 12,43  | ns  | 12,09                            | 12,96  | 13,03  | ns | 12,69 | 7,98   |
| Caule         | 22,06   | 23,16    | ns  | 24,01a      | 21,21b | *** | 22,90                            | 22,26  | 22,67  | ns | 22,61 | 7,89   |
| Bráctea       | 7,58b   | 8,82a    | *   | 8,51        | 7,89   | ns  | 9,52a                            | 7,55b  | 7,52b  | ** | 8,20  | 18,52  |
| Sabugo        | 8,01b   | 8,69a    | **  | 8,30        | 8,40   | ns  | 8,36                             | 8,30   | 8,39   | ns | 8,35  | 8,62   |
| Grão          | 50,20a  | 46,09b   | *** | 46,23b      | 50,07a | *** | 47,13                            | 48,93  | 48,38  | ns | 48,15 | 4,48   |

\*\*\*: P<0,0001

\*\* : P<0,01

\* : P<0,05

ns = Não significativo (P>0,05).

a,b : Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey.

A comparação de médias entre os híbridos avaliados mostrou superioridade do BRS 3003 nos componentes estruturais: lâmina foliar, bráctea e sabugo, mas com menor valor no grão.

A fração de maior aporte é o grão com valores de 50,20 e 46,09% para os híbridos BM 2202 e BRS 3003 respectivamente. Segundo BARRIERE *et al.* (2004), a maior participação de grãos de milho na silagem resulta em maior digestibilidade da mesma, compensando a menor digestibilidade da fração fibrosa.

A influência dos híbridos em relação à planta inteira foi apontada por Johnson *et al.* (2002a), para diferentes pontos de maturidade, com valores no ponto de camada preta de 23,8 vs 25,0% (grão), 3,1 vs 3,0% (sabugo), 38,2 vs 36,1% (caule), 25,6 vs 23,5%

(folha), 9,3 vs 12,4% (bráctea), para os híbridos 3845 e Quanta respectivamente.

Não se verificou diferença (P>0,05) entre híbridos para a fração caule, com valores de 23,16 vs 22,06% (BRS 3003 vs BM 2202), sendo estes valores menores que os relatados por Johnson *et al.* (2002a), que no ponto de camada preta verificou valores entre 38,2 vs 36,1% para o caule dos híbridos 3845 e Quanta respectivamente. Já no estudo de Newman *et al.* (2006) a composição física estrutural da planta, com base na MS, foi diferente entre híbridos de milho com valores variando de 20,0 a 23,7% na fração folhas e 51,7 a 61,8% na espiga.

O espaçamento entre linhas influencia as proporções de caule e grão com valores de 24,01 vs 21,21% e 46,23 vs 50,07% para 0,45 e 0,90m respectivamente

te, evidenciando que o menor espaçamento proporciona maior produção de caule, mas no espaçamento de 0,90m tem-se maior proporção de grão. Tal fato, segundo ALMEIDA *et al.* (2000) acontece pela alteração no arranjo de plantas que afeta a qualidade de luz interceptada, isso determina modificações em seu desenvolvimento, tais como maior alongação dos entrenós (colmo mais comprido, porém de menor diâmetro), maior dominância apical e altura de inserção de espiga, dentre outros fatores.

Apenas a proporção de bráctea sofreu influência da densidade, sendo observado maiores valores para a densidade de 60.000 em relação a 70.000 e

80.000pl. ha<sup>-1</sup> que não apresentaram diferença entre si.

#### Produtividade de massa seca da planta de milho e das frações (t ha<sup>-1</sup>)

Na Tabela 04 são apresentados a significância das fontes de variação avaliadas e as médias da quantidade de massa seca originada pela cultura do milho (t ha<sup>-1</sup>), da planta inteira e das frações estruturais em função do híbrido, espaçamento e densidade de semeadura, estas variáveis não apresentaram diferenças estatísticas para as interações.

**Tabela 4. Médias das características da produtividade de massa seca (t ha<sup>-1</sup>) do milho em função do híbrido, espaçamento e da densidade**

| Variável       | HÍBRIDO |          |    | ESPAÇAMENTO |        |     | DENSIDADE (pl ha <sup>-1</sup> ) |        |        |    | Média | CV (%) |
|----------------|---------|----------|----|-------------|--------|-----|----------------------------------|--------|--------|----|-------|--------|
|                | BM 2202 | BRS 3003 | P  | 0,45m       | 0,90m  | P   | 60.000                           | 70.000 | 80.000 | P  |       |        |
| Planta Inteira | 18,39   | 20,02    | ns | 21,54a      | 16,87b | **  | 19,58                            | 18,95  | 19,09  | ns | 19,21 | 17,43  |
| Lâmina Foliar  | 2,24b   | 2,66a    | *  | 2,80a       | 2,10b  | **  | 2,38                             | 2,47   | 2,50   | ns | 2,45  | 20,13  |
| Caule          | 4,09b   | 4,65a    | *  | 5,16a       | 3,59b  | *** | 4,50                             | 4,25   | 4,36   | ns | 4,37  | 17,32  |
| Bráctea        | 1,39b   | 1,81a    | *  | 1,84a       | 1,36b  | **  | 1,91                             | 1,45   | 1,44   | ns | 1,60  | 31,61  |
| Sabugo         | 1,48b   | 1,74a    | *  | 1,79a       | 1,42b  | **  | 1,64                             | 1,58   | 1,61   | ns | 1,61  | 21,05  |
| Grão           | 9,19    | 9,16     | ns | 9,94a       | 8,40b  | **  | 9,14                             | 9,19   | 9,19   | ns | 9,17  | 17,07  |

\*\*\*: P<0,0001

\*\* : P<0,01

\* : P<0,05

ns = Não significativo (P>0,05).

a,b : Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey.

Não houve diferença para a produtividade de massa seca na planta inteira entre os híbridos avaliados, apesar do híbrido BRS 3003 ter sido de 9,8% mais produtivo. Constataram-se diferenças para a lâmina foliar, caule, bráctea e sabugo, sendo todos os valores menores para o BM 2202.

Os materiais de ciclo normal apresentaram maior produtividade de MS, tanto da planta inteira como do colmo e maiores proporções de colmo quando comparado aos de ciclo precoce (ZOPOLLATTO *et al.*, 2006).

Segundo NUÑEZ *et al.* (2001), na avaliação de híbridos de milho de ciclo intermediário e precoce houve diferenças na produção de massa seca, sendo que a produtividade por hectare variou de 18,3 a 22,0t ha<sup>-1</sup> nos híbridos intermediários, e de 15,3 a 18,0t ha<sup>-1</sup> nos híbridos precoces, caracterizando-se este, por menor altura de planta e maior porcentagem de espigas.

A produtividade de massa seca de planta inteira e das partes foi influenciada pelo espaçamento, sendo a produtividade total da planta inteira maior no espaçamento de 0,45m, correspondendo a 27,68% a

mais que no espaçamento de 0,90 m. Este aumento foi reflexo de todos os componentes da planta, especialmente na fração caule (43,73%).

Segundo BALBINOT e FLECK (2005), o aumento da produtividade de grãos, decorrente da redução do espaçamento entre linhas seria mais evidente em elevadas populações de plantas (alta concentração de plantas na linha), pela menor competição intra-específica. A ocorrência no aumento da densidade não apresentou a mesma resposta que no espaçamento e o incremento da população não afetou a massa seca acumulada para a planta inteira bem como para suas frações.

No estudo de CANTERO *et al.* (2000), avaliando época (outubro, novembro e dezembro) e densidade (3,7 a 15,2pl m<sup>2</sup>) em plantas de milho na produção de grãos observaram que a resposta do número de grãos (NG) à densidade de plantas depende da

data de semeadura. O maior NG foi obtido na maior densidade em semeadura no início do período chuvoso em outubro, e em semeaduras tardias em dezembro, com maiores valores de rendimento de grãos em densidades mais baixas. Em consequência, a densidade ótima para alcançar o maior número de grãos diminui à medida que se retarda a data de semeadura.

Por ter sido o caule a fração volumosa que mais contribuiu na produtividade de massa seca e que sua qualidade interfere no consumo pelos animais, procedeu-se a análise da sua composição e valor nutritivo (Tabela 5).

**Análise dos constituintes estruturais da parede celular e digestibilidade *in vitro* da MS do caule (%)**

As médias dos componentes da parede celular e da DIVMS são apresentadas na Tabela 05.

**Tabela 5. Médias dos constituintes da parede celular e digestibilidade *in vitro* da MS do caule (%) em função do híbrido, espaçamento e densidade**

| Variável     | HÍBRIDO |          | ESPAÇAMENTO |        |        | DENSIDADE (pl ha <sup>-1</sup> ) |        |         | INTERAÇÕES |    |     |     | Média | CV (%) |       |       |
|--------------|---------|----------|-------------|--------|--------|----------------------------------|--------|---------|------------|----|-----|-----|-------|--------|-------|-------|
|              | BM 2202 | BRS 3003 | P           | 0,45 m | 0,90 m | P                                | 60.000 | 70.000  | 80.000     | P  | H*E | H*D |       |        | E*D   | H*E*D |
| FDN          | 74,08a  | 68,90b   | ***         | 67,13b | 75,86a | ***                              | 69,64b | 71,76ab | 73,08a     | *  | **  | ns  | ns    | ns     | 71,49 | 4,35  |
| FDA          | 46,77a  | 40,80b   | ***         | 40,77b | 46,80a | ***                              | 42,24b | 43,52ab | 45,59a     | *  | **  | ns  | ns    | ns     | 43,78 | 6,03  |
| Hemicelulose | 27,31   | 28,11    | ns          | 26,36b | 29,06a | ***                              | 27,40  | 28,24   | 27,49      | ns | ns  | ns  | ns    | ns     | 27,71 | 5,61  |
| Celulose     | 39,09a  | 34,38b   | ***         | 34,22b | 39,26a | ***                              | 35,41b | 36,46ab | 38,34a     | *  | *   | ns  | ns    | ns     | 36,74 | 6,57  |
| Lignina      | 6,30a   | 5,01b    | ***         | 5,17b  | 6,14a  | ***                              | 5,43   | 5,65    | 5,88       | ns | **  | ns  | ns    | ns     | 5,65  | 10,03 |
| DIVMS        | 47,80b  | 50,92a   | **          | 53,42a | 45,30b | ***                              | 51,31a | 49,89ab | 46,88b     | ** | ns  | ns  | ns    | ns     | 49,36 | 6,37  |

\*\*\*: P<0,0001

\*\* : P<0,01

\* : P<0,05

ns = Não significativo (P>0,05).

a, b : Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey.

H\*E = Interação Híbrido\*Espaçamento.

H\*D = Interação Híbrido\*Densidade.

E\*D = Interação Espaçamento\*Densidade.

H\*E\*D = Interação Híbrido\*Espaçamento\*Densidade.

De modo geral a menor concentração de fibra (FDN, FDA, celulose e lignina) foi verificada no híbrido BRS 3003 em relação ao híbrido BM 2202. Os resultados indicam que a 0,45m de espaçamento

entre linhas há uma menor concentração de fibra com valores médios de 67,13% (FDN), 40,77% (FDA), 26,36% (hemicelulose), 34,22% (celulose) e 5,17% (lignina).

Em relação aos valores observados para a concentração de fibra no caule nas três densidades verifica-se que a densidade de 80 mil pl ha<sup>-1</sup> foi a que apresentou maior concentração de FDN, FDA, celulose e lignina, enquanto a digestibilidade *in vitro* da MS do caule foi melhor para as densidades de 60 e 70 mil pl ha<sup>-1</sup>.

Valores obtidos por JOHNSON *et al.* (2002a) avaliando dois híbridos, três estágios de maturidade (1/3, 2/3 linha de leite e camada preta) com e sem processamento do grão na silagem de planta inteira, observaram diferenças nas percentagens da FDN, verificando-se diminuição de FDN de 1/3 de linha de leite a 2/3 de linha de leite, e incremento de FDN de 2/3 da linha de leite a camada preta. A FDA apresentou o mesmo comportamento.

SOUZA *et al.* (2000) avaliando 12 cultivares de milho com espaçamento de 0,90m entre linhas colhida a 105 dias para a ensilagem no ponto de grão farináceo, obtiveram valores mínimos de 44,55% e máximos de 55,92% para FDN. Os autores não observaram diferenças entre cultivares para FDA, no entanto, verificaram maior digestibilidade de matéria seca (min=63,95% e max=69,95%) nas cultivares com menores concentrações de FDN e FDA.

A comparação de médias para os valores de DIVMS do caule mostrou que o híbrido BRS 3003 apresentou melhor digestibilidade com 50,92%. No espaçamento os valores da DIVMS a 0,45 m foram superiores, devido à menor concentração de fibra neste espaçamento, com 53,42% sendo este superior em 8,12% que no espaçamento a 0,90 m. A DIVMS não diferiu estatisticamente entre as densidades de 60.000 e 70.000pl. ha<sup>-1</sup>, sendo superiores a 80.000 plantas.

Segundo JOHNSON *et al.* (2002b), a digestibilidade da silagem é limitada pela quantidade de lignina existente na parede celular, sendo registrada pelos autores diferença na avaliação da silagem de milho colhida em três estágios de maturidade quanto ao consumo de MS por dia, digestibilidade aparente no rúmen e no total do trato gastrointestinal em vacas leiteiras.

Segundo os dados de LUNDBALL *et al.* (1994), existe ampla variabilidade genética na digestibilidade das partes do milho, sendo que a digestibilidade *in vitro* do caule apresenta variabilidade de 26,2 a 65,0

% e de 58,0 a 67,6 % na digestibilidade da folha. Em diferentes estudos (COX *et al.*, 1994, GEIRER *et al.*, 1992) determinaram que a variabilidade genética na digestibilidade é maior na parte vegetativa que no grão, de tal maneira que a seleção por qualidade da folhagem poderia favorecer avanços mais notáveis.

De acordo com FERREIRA *et al.* (2006), no estágio de maturidade completa do milho, não foi observado efeito dos cultivares nas produções de frações fibrosas. Entretanto, a média de produção da fração fibrosa de todas as cultivares foi menor no estágio de maturidade completa, em relação ao estágio de silagem.

Observou-se efeito na dupla interação híbrido x espaçamento para as frações FDN, FDA, celulose, lignina e sem efeito na hemicelulose e DIVMS (Tabela 06), com maiores valores nas interações dos híbridos com 0,90m de espaçamento.

**Tabela 6. Médias da interação híbrido x espaçamento dos constituintes da MS do caule (%)**

| Variável | Híbrido  | Espaçamento |         |
|----------|----------|-------------|---------|
|          |          | 0,45m       | 0,90m   |
| FDN      |          |             |         |
|          | BM 2202  | 74,99aA     | 76,73aA |
|          | BRS 3003 | 62,82bB     | 71,43aB |
| FDA      |          |             |         |
|          | BM 2202  | 45,02bA     | 48,57aA |
|          | BRS 3003 | 36,57bB     | 44,97aB |
| Celulose |          |             |         |
|          | BM 2202  | 37,83bA     | 40,69aA |
|          | BRS 3003 | 30,94bB     | 37,50aB |
| Lignina  |          |             |         |
|          | BM 2202  | 5,76bA      | 6,52aA  |
|          | BRS 3003 | 4,25bB      | 6,09aA  |

a, b: Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey.

A, B: Médias seguidas por letras diferentes na coluna diferem entre si pelo teste de Tukey.

Os valores para FDN encontram-se dentro da amplitude de variação de 62,82 a 76,73%, sendo o maior valor na interação BM 2202 x 0,90m e com menor valor na interação BRS 3003 x 0,45m; para as interações híbrido x espaçamento nas variáveis FDA,

celulose e lignina a linha de tendência é igual que da FDN. Considerando-se que o espaçamento influencia na produtividade total da planta inteira e na qualidade do caule é de se esperar que no menor espaçamento entre linhas a qualidade nutritiva da silagem proporcionada será melhor, considerando a relação direta entre consumo e digestibilidade em termos de concentração de FDN e FDA. Os resultados encontrados no presente trabalho, atenderiam as necessidades mínimas exigidas para gado de leite (NRC 2001) e gado de corte (NRC 1996).

**Coefficiente de correlação dos componentes da parede celular e digestibilidade *in vitro* da MS do caule**

Conforme a Tabela 07 constatou-se correlações positivas para a FDN e as concentrações de FDA, hemicelulose, celulose e lignina, estes resultados confirmam que a maior concentração de FDN constituirá um fator limitante no consumo afetando a digestibilidade. A FDA apresentou uma correlação positiva com seus componentes, celulose e lignina, indicando que a maior proporção de FDA afeta a digestibilidade do caule e esta por sua vez, a digestibilidade total do material. A lignina, fração indigestível da parede celular tem correlação positiva com a FDN, FDA e celulose, sendo esta responsável pela diminuição da digestibilidade dos carboidratos fibrosos.

**Tabela 7. Coeficiente de correlação entre as características dos componentes da parede celular e digestibilidade *in vitro* da MS do caule**

|              | FDN | FDA               | Hemicelulose      | Celulose          | Lignina           | DIVMS              |
|--------------|-----|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| FDN          | 1   | 0,94386<br><,0001 | 0,61624<br><,0001 | 0,94017<br><,0001 | 0,81657<br><,0001 | -0,79132<br><,0001 |
| FDA          |     | 1                 | 0,32147<br>0,0559 | 0,99388<br><,0001 | 0,88854<br><,0001 | -0,73578<br><,0001 |
| Hemicelulose |     |                   | 1                 | 0,32548<br>0,0527 | 0,22233<br>0,1925 | -0,51414<br>0,0013 |
| Celulose     |     |                   |                   | 1                 | 0,83527<br><,0001 | -0,72419<br><,0001 |
| Lignina      |     |                   |                   |                   | 1                 | -0,66596<br><,0001 |
| DIVMS        |     |                   |                   |                   |                   | 1                  |

Segundo ZOPOLLATTO *et al.* (2006), a porcentagem de colmo na planta correlacionou-se negativamente com o teor de amido ( $r=-0,66$ ), e positivamente com os teores de FDN, FDA, proteína bruta e matéria mineral com coeficientes de correlação de 0,64; 0,60; 0,76 e 0,71; respectivamente.

Verificou-se correlação negativa entre a DIVMS e as variáveis FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina, indicando que o aumento destas frações no alimento provoca redução da digestibilidade *in vitro* da MS do caule, sendo estes resultados um indicativo do valor nutritivo total da planta inteira.

CAETANO (2001) na avaliação de híbridos de milho para produção de silagem observou correlações negativas da DIVMS com os teores de FDN e FDA, correlações estas também encontradas entre DIVMO com FDN ( $r=-0,61$ ) e FDA ( $r=-0,64$ ).

Os valores das variáveis avaliadas evidenciam que o valor nutritivo do milho não depende exclusivamente da porcentagem de grãos na planta, embora seja a fração de maior participação na MS total. O caule é um dos componentes da planta que determina a qualidade nutritiva, pelo fato de que na sua composição estrutural a concentração de fibra poderia limitar a digestibilidade do material.

## CONCLUSÕES

O híbrido BRS 3003 por apresentar menor concentração de fibra e maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca do caule, proporcionam silagem com melhor valor nutritivo.

O espaçamento de 0,45m promove melhor distribuição espacial das plantas na área e menor competição intra-específica na linha, proporcionando maior produtividade e melhor valor nutritivo das plantas de milho para silagem.

Apesar das densidades utilizadas não interferirem na produtividade de massa seca recomenda-se densidades de 60.000 a 70.000pl. ha<sup>-1</sup> por não afetar a qualidade nutritiva do milho para silagem, pela menor concentração de fibra no caule.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. L et al. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, v.30, n.1, p.23-29, 2000.
- ALVAREZ, C. G. D.; VON PINHO, R. G.; BORGES I. D. Avaliação de características bromatológicas da forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.30, n.3, p.409-414, 2006.
- ANDRADE, F. H.; UHART S. A.; FRUGONE, M. I. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: Shade versus plant density effects. **Crop Science**, v.33, p.482-485, 1993.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 16. ed. Washington: 1995. 1094 p.
- BALBINOT, Jr. A. A.; FLECK, N. G. Redução do espaçamento entre fileiras: benefícios e limitações. **Revista Plantio Direto**, n. 87, maio/jun. 2005..
- BARBOSA, J. A. **Influência do espaçamento e arquitetura foliar no rendimento de grãos e outras características agrônomicas do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.
- BARRIERE, Y. et al. Genetic variation for organic matter and cell wall digestibility in silage maize. Lessons from a 34 - year long experiment with sheep in digestibility crates. **Maydica**, v.49, n.2, p.115-126, 2004.
- CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem**. 2001. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.
- CAMPOS, F. P. et al. **Métodos de análise de alimentos**. Piracicaba: FEALQ, 2004.
- CANTERO, M. G.; LUQUE, S. F.; RUBIOLO, O. J. Efecto de la época de siembra y la densidad de plantas sobre el numero de granos en el rendimiento de un híbrido de maíz en la región central de Córdoba (Argentina). **Agriscentia**, v.171, n.1, p.3-10, 2000.
- COX, W. J.; CHERNEY D. J. R.; PARDEE, W. D. Forage quality and haverest index of corn hybrids under different growing conditions. **Agronomy Journal**, v.86, p.277-282, 1994.
- CUNHA, A. R. et al. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu : 1999. p.487-491.
- FERREIRA, J. J. et al. Produção de grãos e fração fibrosa de diferentes cultivares de milho nos estágios de silagem e maturação completa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.
- GEIRER, H. H. et al. Genotypic correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. **Maydica**, v.37, p.95-99, 1992.
- JOHNSON, L. M. et al. Corn silage management I: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. **Journal Dairy Science**, v.85, p.833-853, 2002a.
- JOHNSON, L. M. et al. Corn silage management II: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on digestion and energy content. **Journal Dairy Science**, v.85,p. 2913-2927, 2002b.
- LAUER, J. **More Mileage from Corn Silage: Selecting Hybrids**. Field Crops 28.31-15. Jun, 1997. Disponível: <<http://corn.agronomy.wisc.edu/AAdvice/1997/A015.html>>. Acesso em: 10 out. 2006.
- LESKEM, Y.; WERMKE, M. Effect of plant density and removal of ears, on the quality of forage maize in a

- temperature climate. **Grass and Forage Science**, v.36, n.3, p.147-153, 1981.
- LUNDBALL, J. P. et al. Forage quality variation among maize in breds: in Vitro digestibility and cell wall components. **Crop Science**, v.34, p. 1672-1678, 1994.
- NEUMANN, M. et al. Comportamento produtivo de híbridos de milho (*Zea mays*) e sorgo (*Sorghum bicolor*) para produção de silagem. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of beef cattle**. 7.ed. Washington: National Research Council, 1996. 242 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dairy cattle**. 7..ed. Washington: National Research Council, 2001. 381p.
- NUÑEZ, H. G. et al. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. **Técnica Pecuária México**, v.39, n.2, p.77-88, 2001.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P.; DIAS, F. N. Importância da qualidade da porção vegetativa no valor alimentício da silagem de milho. p.127-144. In: SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE FORRAGENS CONSERVADAS, Maringá, 2001. **Anais...** Maringá: Universidade de Maringá. p. 319. 2001.
- PAIVA, L. E. **Influência de níveis de nitrogênio, espaçamento e densidade no rendimento forrageiro e qualidade da silagem de milho (*Zea mays* L.)**. 1991. Dissertação (Mestrado)- Universidade Federal de Lavras, 1991.
- ROMERO, L. ; ARONNA, S. **Siembra de maíz para silage**. Campaña de Forrajes Conservados 2003-2004. INTA Rafaela. Disponível: <[http://www.engormix.com/S\\_articles\\_view.asp?art=616](http://www.engormix.com/S_articles_view.asp?art=616)>. Acesso 06 nov. 2006.
- SAS - User's Guide: Statistic., Version 8.0 Edition. Cary : 2001.
- SOUZA, G. A. et al. Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem de alta qualidade. **Archives of Veterinary Science**, v.5, p.107-110, 2000.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B.; LEWIS. B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal Dairy Science**, v.74, p.3583-3597, 1991.
- WATTIAUX, M. **Introduction to Silage-Making. Dairy Updates**. Feeding Nº. 502. 1999. The Babcock Institute. Disponível: <[http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/du/du\\_502.en.pdf](http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/du/du_502.en.pdf)>. Acesso 18 abr .2006.
- XU, S. et al. Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing corn hybrids harvested at three stages of maturity. **Professional Animal Science**, v.11, p.157-165, 1995.
- ZOPOLLATTO, M. et al. Valor nutritivo e parâmetros agrônômicos de cultivares de milho para silagem em diferentes estágios de maturidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2006.