

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU**

**PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS DE
MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

LISBETH ALENDEZ ROSALES

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.**

**BOTUCATU – SP
Outubro – 2007**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA
CAMPUS DE BOTUCATU**

**PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS DE
MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E DA
DENSIDADE DE SEMEADURA**

**LISBETH ALENDEZ ROSALES
Eng. Zootecnista**

**Orientador : Prof. Dr. Ciniro Costa
Co-Orientador : Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles**

**Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Zootecnia, como
parte das exigências para obtenção do
título de Mestre.**

**BOTUCATU – SP
Outubro – 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

A368p Alendez Rosales, Lisbeth, 1975-
Produtividade e valor nutritivo de híbridos de milho para silagem em função do espaçamento e da densidade de semeadura / Lisbeth Alendez Rosales. - Botucatu : [s.n.], 2007.
v, 32 f. : tabs.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, 2007
Orientador: Ciniro Costa
Co-orientador: Paulo Roberto de Lima Meirelles
Inclui bibliografia

1. Milho. 2. Lignina. 3. Maturidade. 4. Milho - Espaçamento. 5. Forragem. I. Costa, Ciniro. II. Meirelles, Paulo Roberto de Lima III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"(Campus de Botucatu) Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. IV. Título.

“Cuanto más conservadoras son las ideas, más revolucionarios los discursos.”

Oscar Wilde

“Es necesario correr riesgos, sólo entendemos la vida cuando dejamos que suceda lo inesperado.”

Anonimo

A meu pai Adriel Alendez Borda e a minha mãe Maria Eduarda Rosales Quino, pelo amor e filosofia de vida com que me brindaram nesta existência.

A meus irmãos Adriel, William, Fredy, Ana, Fabio, Eduardo y Víctor Raúl, pelo incentivo constante e real motivação.

A todos meus tios e sobrinhos pelo carinho e amor.

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootécnica do Campus de Botucatu, pela oportunidade concedida, em especial aos docentes do Curso de Pós-Graduação em Zootecnia.

Ao Prof. Dr. Ciniro Costa por ter enriquecido este trabalho com sua orientação e experiência, acima de tudo a confiança depositada em mim.

Ao Prof. Dr. Heraldo César Gonçalves pela orientação nas análises estatísticas deste trabalho.

A os professores Dr. Luiz Edivaldo Pezzato, Dra. Margarida Maria Barros, Dr. Antônio Celso Pezzato, Dr. Mário De Beni Arrigoni, Dr. André Mendes Jorge, Dr. Jozivaldo Prudêncio Gomes de Moraes, Dr. José Luis Moraes Vasconcelos, pelo apoio durante o desenvolvimento do curso.

A meus amigos da área de pastagens e forragicultura, Dr. Paulo Roberto de Lima Meirelles, Dra. Katia de Oliveira, Marco Aurélio Factori, Mayra Anton Dib Saleh, Milena Provazi, Wagner Reis, Gelta Juliana de Moraes, João Paulo Franco Da Silveira, pela paciência e colaboração que tiveram comigo durante o desenvolvimento da Pesquisa.

As minhas amigas e amigos, Luciana Rodrigues, Sabrina Endo, Claudia Marie Komiyama, Lucinei, Carolina Tobias, Gabriel Garrido, Igo Gomes Guimarães, André Moreira Bordinhon, Camila Angerami, Charly, Ana Paula, William Narvaez, e Kleber Pelicia, pelos momentos vividos.

Ao grande apoio e entendimento que me concedera Marleide da Costa Silva e Gil Ignácio Lara Cañizares.

A meus amigos peruanos Carlos Baca García meu grande agradecimento pela sua ajuda e Edwin Camacho Palomino pela sua amizade.

À família Quintero-Pardo pela força e ajuda Luis Gabriel, Blanca Stella, Ana María, Estrella e Camilo.

À família Velasco-Bedoya por seu apoio e motivação, Ruben Roberto, Doris, Olga e Daniel.

Aos funcionários da Seção de Pós Graduação Seila Cristina Cassineli Vieira, Carmem Sílvia de Oliveira Polo e Danilo José Teodoro Dias, pela atenção recebida.

Aos funcionários do Laboratório de Bromatologia Conceição, Renato Monteiro da Silva e Elaine Cristina Nunes Fagundes, pela colaboração na realização das análises laboratoriais.

Aos secretários do departamento de Melhoramento e Nutrição Animal Silene Vitoratti e Luiz Carlos Fernandes, pela amizade e ajuda em todos os momentos.

À empresa Biomatrix, por viabilizar os materiais para o experimento e realização do trabalho de pesquisa.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Ensino e Pesquisa de Produção da FCA, Unesp/Botucatu em especial a Mario de Oliveira Munhoz.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a execução dessa Dissertação de Mestrado.

Meus agradecimentos.

SUMÁRIO

	Página
CAPÍTULO 1	1
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	2
O milho	2
O espaçamento na cultura do milho	3
A densidade na cultura do milho	4
Maturidade da planta do milho para silagem	5
Características da planta de milho na alimentação animal	6
Referências Bibliográficas	8
CAPÍTULO 2	10
PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE	
SEMEADURA	11
RESUMO	11
ABSTRACT	12
RESUMEN	13
INTRODUÇÃO	14
MATERIAL E MÉTODOS	15
Estabelecimento da cultura	15
Coleta do material	16
Análises laboratoriais	16
Delineamento experimental	16
Modelo estatístico	17
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
Teor de matéria seca das frações estruturais do milho (%).....	18
Proporção das frações da planta de milho (% da MS)	19
Produtividade de massa seca da planta de milho e das frações (t ha ⁻¹)	20
Análise dos constituintes estruturais da parede celular e digestibilidade <i>in vitro</i> da MS do caule (%)	22
Coeficiente de correlação dos componentes da parede celular e digestibilidade <i>in vitro</i> da MS do caule	25
CONCLUSÕES	27
Referências Bibliográficas	28
CAPÍTULO 3	31
IMPLICAÇÕES	32

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O milho

A cultura do milho se adapta a uma grande diversidade de ambientes. Por ser planta cuja fotossíntese se realiza mediante o ciclo do carbono C₄, caracteriza-se por ter alta capacidade de produção de matéria seca, tornando-se atrativa como forragem para a produção animal (Ramos *et al.*, 2002). A produtividade esta 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 (Muchow *et al.*, 1990; Andrade *et al.*, 1993).

A biotecnologia desenvolveu híbridos com características específicas para silagem, como os que possuem o gene “leafy” (folhoso), “brown mibrid” (Bm) de nervura marrom, “stay green” (característica onde folha e caule permanecem verdes mesmo quando a planta atinge a maturidade), a expressão do *Bacillus thuringiensis* (Bt) e resistência a certas famílias de herbicidas (Mahanna & Peterson, 2004).

Segundo Lauer (1997), a seleção de híbridos de milho é uma das decisões de manejo mais importantes na elaboração da silagem. Selecionar o híbrido correto pode freqüentemente significar a diferença entre o lucro e o prejuízo. Outras características importantes são: altos rendimentos de matéria seca, alto índice de proteína e concentração energética (alta digestibilidade), e maior ingestão (baixa fibra).

Para Romero & Aronna (2004), a seleção do híbrido pode influenciar no rendimento do material coletado, no conteúdo de grão no momento da colheita e na digestibilidade. O rendimento pode ser influenciado em grande medida pelo híbrido eleito que deve ser selecionado considerando-se o ciclo mais apropriado para a região. Se o híbrido é de ciclo curto, o rendimento total da matéria seca (MS) da silagem é menor, mas tem como vantagem maior relação grão/colmo do material colhido, já com a utilização de híbridos de ciclo longo pode-se obter maiores produtividades, embora a proporção de grão na MS total possa ser menor.

As condições bióticas (doenças, pragas) e abióticas (déficit hídrico, deficiências nutricionais, temperaturas altas ou baixas) condicionam a expressão do potencial de rendimento. Estas limitações dependem do momento da aparição, duração e severidade de tais condicionantes, além disso, o grau de resistência e tolerância ou susceptibilidade do cultivo aos mesmos. Diferenças na distribuição e magnitude das precipitações também afetam os rendimentos e a ordem espacial dos genótipos (Bertoia, 2004).

O ciclo de uma cultivar pode ser determinado em número de dias da semeadura até o pendoamento, até a maturação fisiológica ou até a colheita. As cultivares de milho são agrupadas de acordo com o ciclo da planta em: superprecoce, precoce, semiprecoce e normal. Tecnicamente, o ciclo de uma cultivar leva em consideração as unidades de calor necessárias para atingir o florescimento. Unidades de calor (UC) são a soma das unidades diárias de calor, a partir da emergência. As cultivares normais apresentam exigências térmicas maior do que 890 graus-dias (GD), as precoces, de 830 a 890 GD, e as superprecoces, menor do que 830 GD. Essas exigências calóricas se referem ao comprimento das fases fenológicas compreendidas entre a emergência e o início da polinização (Cruz *et al.*, 2003).

O espaçamento na cultura do milho

Segundo Almeida, *et al.*, (2000), alterações no arranjo de plantas afeta a qualidade de luz interceptada. O adensamento de plantas e a redução do espaçamento entrelinhas ocasionam maior absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão na do vermelho extremo (VE). Assim, sob altas densidades, as plantas de milho recebem mais luz VE refletida, aumentando a relação VE/V, determinando modificações em seu desenvolvimento.

No entanto para Balbinot & Fleck (2005) durante o desenvolvimento das plantas, ocorre competição pelos recursos do solo (água e nutrientes) e radiação solar. A competição pode ocorrer entre plantas da mesma espécie, caracterizando a competição intra-específica, ou entre diferentes espécies, gerando a competição inter-específica. Mudança no espaçamento entre linhas do milho altera, principalmente, a competição intra-específica e, por consequência, outros efeitos são observados na cultura.

O adequado espaçamento entre plantas é crucial para poder obter o pico no rendimento e qualidade, maximizando o potencial de produção do milho (Romero & Aronna, 2004). 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. A redução do espaçamento entre linhas de plantas na cultura do milho de 1,0 a 0,8 m (espaçamentos convencionalmente usados) para 0,6 a 0,4 m é uma prática de manejo que está sendo adotada por alguns agricultores e, ao mesmo tempo, é objeto de pesquisas (Balbinot & Fleck, 2005).

A tendência atual é a redução do espaçamento entre linhas de plantas de milho, que promove distribuição mais eqüidistante 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).

Com a redução do espaçamento e conseqüente aumento no número de linhas da cultura, os adubos são distribuídos de maneira mais homogênea na área, ou seja, a concentração de adubo na linha torna-se menor, o que reduz o problema de salinização por ocasião da germinação das sementes e de emergência das plântulas. Com relação às condições ambientais, espera-se que em situações de reduzida luminosidade, precipitação pluvial e escassez de nutrientes, as plantas cultivadas em espaçamentos reduzidos apresentem maior aproveitamento dos recursos limitados, (Balbinot & Fleck, 2005).

A densidade na cultura do milho

Segundo Balbinot & Fleck (2005) com a manutenção da mesma quantidade de plantas de milho por área, mas reduzindo o espaçamento entre linhas, as plantas ficam mais distanciadas umas das outras na linha de semeadura, levando a melhor distribuição espacial das mesmas. Esse melhor arranjo de plantas melhora as distribuições espaciais das folhas e das raízes da cultura, reduzindo a competição intra-específica. Teoricamente, nessa situação, a capacidade de interceptação de radiação solar e aproveitamento de água e nutrientes pelo milho podem aumentar; com isso, há elevação da capacidade fotossintética da cultura e aumento na produtividade de grãos.

Segundo Leskem & Wermke (1981), na cultura do milho ocorre melhoria na qualidade de colmo, quanto ao teor de carboidratos solúveis, em altas densidades de plantas por reduzir o 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. Por outro lado, Barbosa (1995) ressaltou que altas densidades têm alta correlação com a redução do peso de espigas, o que poderia prejudicar a qualidade de silagem.

Estudo feito por Andrade (1995) verificou-se que a população de plantas de milho muito além que o recomendado, requer maior período de tempo para atingir o índice foliar crítico, nessa situação, o mesmo pode nem ser atingido. Por outro lado, populações excessivas poderão acarretar o sombreamento prematuro de folhas, reduzindo, da mesma forma, o potencial de produção.

Maturidade da planta do milho para silagem

O teor de MS do milho aumenta com a maturidade (Johnson *et al.*, 2002a). A amplitude de variação nos teores de MS indica a idade de corte em concordância com as características de cada cultivar. O ponto de maturidade na colheita afeta a qualidade da silagem de milho, influenciando o conteúdo de umidade e digestibilidade. O estado de maturação do milho para silagem pode ser determinado pela interfase entre a porção líquida e sólida do grão, geralmente 2/3 de linha de leite. À medida que o milho atinge a maturidade, a linha de leite desce à parte inferior do grão, no entanto, a composição e valores de energia variam quando se colhe em estados diferentes de maturidade (Romero & 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 que tem lugar no silo. A silagem feita com alto teor de MS diminui a produção de ácido láctico e se estabiliza em pH mais alto que a silagem com baixo conteúdo de MS. O alto conteúdo de MS aumenta a concentração de MS solúvel na silagem, resultando em aumento da pressão osmótica que inibe o crescimento bacteriano. O conteúdo “ideal” de MS depende do tipo de silo que é influenciada pelo método e o nível de compactação. Assim, o nível recomendado de MS para ensilar a planta de milho deve ser de 30 a 40% para silo trincheira, 35 a 50% para silo torre e de 40 a 50% para silo “bag” (Wattiaux, 1999).

Quando se combinam efeitos do conteúdo de grão e digestibilidade das frações da planta, podem-se obter variações significativas na qualidade da silagem, pelas diferenças entre híbridos. É muito importante levar em conta a relação entre o conteúdo de grãos e a qualidade das frações da planta. Uma baixa qualidade, ou queda brusca da digestibilidade, devido a grande lignificação do colmo, pode mascarar o efeito favorável que produz o acúmulo de grão na espiga. Deste ponto de vista, o maior conteúdo de grão é desejável sempre e quando compense a queda da qualidade do restante da planta. O valor nutritivo do material ensilado melhora à medida que aumenta o conteúdo de grão, até que este represente 30% da MS total. Logo, com o avanço da maturidade, maior lignificação do caule pode reduzir ou contrapor o benefício de maior nível de grãos na planta (Romero & Aronna, 2004).

Segundo Ferreira *et al.*, (2006) quando híbridos graníferos são plantados para silagem, o estágio de ensilagem deve ser aquele em que haja maior acúmulo de grãos compatível com o teor de matéria seca da planta para se obter boa compactação e

fermentação, conseqüentemente maior valor nutritivo da silagem resultante. Os mesmos autores avaliando híbridos de milho e variedades encontraram que após o estágio de silagem o acúmulo de matéria seca nos grãos foi maior nos híbridos do que nas variedades. Portanto, as variedades devem ser ensiladas mais rápido por acumularem pouca matéria seca nos grãos, em relação aos híbridos após o estágio de silagem.

Entretanto, a escolha da cultivar a ser ensilada deve considerar não apenas a proporção de grãos, mas também as demais frações da planta, pois a qualidade nutricional da haste possui fortes correlações com a qualidade nutricional da planta toda (Caetano, 2001).

Características da planta de milho na alimentação animal

A digestibilidade da fibra proporcionada pela silagem de milho na ração está em função não somente da genética da planta, densidade de cultivo, ambiente de desenvolvimento, maturidade na colheita, qualidade de fermentação ou processamento. A grande variabilidade da silagem por estes aspectos deve ser levada em conta, não somente na produção, como também na formulação da dieta (Mahanna & Peterson, 2004).

Para Wattiaux (2006), a fibra em detergente neutro (FDN), representada pela hemicelulose, celulose, e lignina da parede celular vegetal, está negativamente correlacionada com o consumo de matéria seca, enquanto a fibra em detergente ácido (FDA), correspondendo a celulose e lignina, está negativamente correlacionada com a digestibilidade do alimento. A lignina componente indigestível da planta depositado na parede celular à medida que atinge a maturidade, é responsável pela diminuição da digestibilidade dos carboidratos fibrosos.

A silagem é uma ferramenta para alcançar objetivos de manejo na produção (Wattiaux, 1999). O desempenho animal predito e relacionado às melhorias na qualidade da silagem do milho são complexos, sendo que as diferenças na fibra e a digestibilidade se traduzem em diferenças no desempenho animal. A composição da melhor silagem pode variar dependendo do tipo de animal que é alimentado e aos outros componentes da ração. Mas as melhores estimativas das respostas animais pelo desempenho podem ser obtidas com a análise da forragem (Lauer, 1997).

A redução da digestibilidade da parede celular da forragem pode ser um limitante, já que a variabilidade na digestibilidade do milho apresenta um impacto no valor energético como potencial de consumo da silagem (Mahanna & Peterson, 2004). Diferenças relativamente pequenas na fibra e na digestibilidade da silagem do milho

se traduzem em grandes diferenças no desempenho animal predeterminado; sendo que as escalas entre ingestão de híbridos para a proteína bruta, FDA, FDN e a digestibilidade *in vitro* são relativamente estreitos (Lauer, 1997). A concentração de FDN na silagem é menor no estágio de 1/3 a 2/3 da linha de leite quando comparada com 2/3 da linha de leite à camada preta ou maturidade fisiológica (Johnson *et al.*, 2002a).

O CAPÍTULO 2, intitulado: **Produtividade e valor nutritivo de híbridos de milho para silagem em função do espaçamento e da densidade de semeadura**, apresentaram-se de acordo com as normas para publicação na revista Técnica Peruaria em México.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO, Jr. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. e GUIDOLIN, A. F. 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* 2000;30(1):23-29.
- ALVAREZ, C. G. D.; VON PINHO, R. G. e BORGES I. D. Avaliação de características bromatológicas da forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. *Ciênc Agrotec* 2006;30(3):409-414.
- ANDRADE, F. H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research* 1995;(41):1-12.
- ANDRADE, F. H.; UHART S. A. and FRUGONE, M. I. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: Shade versus plant density effects. *Crop Science* 1993;(33):482-485.
- BALBINOT JR, A. A. e FLECK N. G. Redução do espaçamento entre fileiras: benefícios e limitações. *Revista Plantio Direto*, edição nº. 87, maio/junho de 2005. Aldeia Norte. Editora, Passo Fundo - RS.
- BARBOSA, J. A. Influência do espaçamento e arquitetura foliar no rendimento de grãos e outras características agrônômicas do milho (*Zea mays* L.). (Dissertação Mestrado). Piracicaba, SP, Brasil: Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz; 1995.
- BERTOIA, L. M. Algunos conceptos sobre ensilaje. 2004. Disponível: <<http://mejorpasto.com.ar/UNLZ/2004/TX3.htm>>. Acesso 06 nov. 2006.
- CAETANO, H. Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem. (Tese Doutorado). Jaboticabal, SP, Brasil: Universidade Estadual Paulista; 2001.
- CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I. A.; CORRÊA, L. A.; PEREIRA, F. T. F. e OLIVEIRA, M do R. de. Cultivares de milho. *Embrapa Milho e Sorgo*. 2003. Disponível: <www.portaldoagronegocio.com.br>. Acesso 24 mar. 2006.
- FERREIRA, J. J.; RUAS, J. R. M.; SILVA, E. A. da; VIANA, M. C. M. e BARCELOS, A. F. Produção de grãos e fração fibrosa por diferentes cultivares de milho nos estágios de silagem e maturação completa. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 43., 2006, João Pessoa. Anais, 2006.
- JOHNSON, L. M.; HARRISON, J. H.; DAVIDSON, D.; ROBUTTI, J. L.; SWIFT, M.; MAHANNA, W.C. and SHINNERS, K. 2002a. Corn silage management I: Effects

- of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J Dairy Sci*, 2002a;(85):833-853.
- 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 10 out. 2006.
- LESKEM, Y. and WERMKE, M. Effect of plant density and removal of ears, on the quality of forage maize in a temperate climate. *Grass and Forage Science* 1981;36(3):147-153.
- MAHANNA, B. and PETERSON, D. Effects of genetics and management on the yield and nutritional variability of corn silage. *Global Agronomy and Nutritional Sciences Pioneer, A DuPont Company. Mid-South Ruminant Nutrition Conference*. 2004.
- MUCHOW, R. C.; SINCLAIR T. R. and BENNET J. M. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agronomy Journal* 1990;(82):330-343.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P. e 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.). (Dissertação Mestrado) Lavras, MG, Brasil: UFLA; 1991.
- RAMOS, A. P.; HERNANDEZ, G. N. y CASTAÑEDA, F. G. Potencial Forrajero de Poblaciones e maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Tec Pecu Mex* 2002;40(3):215-228.
- ROMERO, L. e ARONNA, S. 2004. Siembra de maíz para silage. *Campaña de Forrajes Conservados 2003-2004*. INTA Rafaela. Disponível: <http://www.engormix.com/S_articles_view.asp?art=616>. Acesso 06 nov. 2006.
- WATTIAUX, M. Introduction to Silage-Making. *Dairy Updates. Feeding* N°. 502. 1999. The Babcock Institute. Disponível: <http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/du/du_502.en.pdf>. Acesso 18 abr.2006.

PRODUTIVIDADE E VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA SILAGEM EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO E DA DENSIDADE DE SEMEADURA

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 0,90 m) x três densidades (60.000, 70.000 e 80.000 pl ha⁻¹), com três repetições. As características avaliadas foram: teor de matéria seca, proporção das frações da planta, produtividade de massa seca (t ha⁻¹) 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%) maior que o híbrido BRS 3003 (44,97%), assim como para espaçamento com 49,03 e 45,44%, para 0,90 e 0,45 m 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% (0,45 m) e 21,21% (0,90 m). O híbrido BRS 3003 apresentou melhor produtividade na planta inteira (t ha⁻¹) 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 0,45 m 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 60.000 pl ha⁻¹. Concluiu-se que o menor espaçamento (0,45 m) e as densidades de 60.000 e 70.000 pl ha⁻¹ 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 TO SILAGE IN FUNCTION OF 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 to silage in function of the distance and density of sowing. The experimental design was the randomized complete in factorial model, were used two hybrids (BM 2202 and BRS 3003), two spacing (0.45 and 0.90 m), three densities (60,000; 70,000 and 80,000 plants per ha) with three replications. The characters studied were: dry matter tax, plant fractions proportions, dry matter yield (t ha^{-1}), 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 compared with BRS 3003 hybrid (44.97%), also to distance with 49,03% (0,90 m) and 45.44% (0.45 m) without density effect. Kernel contribution was higher to BM 2202 hybrid (50.20%) and for the distance the variable stalk percentage had 24.01% (0.45 m) and 21.21% (0.90 m) 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 of 0.90 to 0.45 m generated biggest production of DM and better nutritive value characteristics to 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 DNF, ADF cellulose and lignin concentrations, being smaller to density with 60,000 pl ha^{-1} . We concluded that the low spacing (0.45 m) and densities 60,000 and 70,000 pl ha^{-1} , proportionate forage with better nutritive value to maize silage.

KEY WORDS: Stalk, digestibility, forage, lignin, maturity, *Zea mays* L.

RENDIMIENTO Y VALOR NUTRITIVO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ PARA ENSILADO EN FUNCIÓN DEL DISTANCIAMIENTO ENTRE SURCOS Y LA DENSIDAD DE SIEMBRA

RESUMEN

Dos híbridos de maíz, BM 2202 y BRS 3003 de granos semiduros rojo-anaranjados, de ciclo precoz, porte medio/alto, fueron utilizados para evaluar la productividad y valor nutritivo para ensilado en función del distanciamiento entre surcos e la densidad de siembra. El delineamiento experimental utilizado fue totalmente aleatorizado con tratamiento en esquema factorial, dos híbridos (BM 2202 y BRS 3003) x dos distanciamientos (0.45 y 0.90 m) x 3 densidades (60,000; 70,000 y 80,000 pl ha⁻¹), con tres repeticiones. Las características evaluadas fueron: porcentaje de materia seca, proporción de las diferentes partes de la planta, rendimiento de MS (t ha⁻¹), e composición bromatológica del tallo en relación a la fibra en detergente neutro (FDN), fibra en detergente ácido (FDA), lignina en detergente ácido (LDA), hemicelulosa, celulosa y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). El porcentaje de MS de la planta entera del híbrido BM 2202 (49,50%) fue mayor que el híbrido BRS 3003 (44.97%), así como para el distanciamiento con 49.03 e 45.44%, para 0.90 e 0.45 m respectivamente, e sin efecto para la densidad. La contribución del grano fue mayor en el híbrido BM 2202 (50.20%), ya en el distanciamiento la variable tallo tuvo 24.01% (0.45 m) e 21.21% (0.90 m). El híbrido BRS 3003 presento mejor rendimiento de la planta entera (t ha⁻¹) tanto como en sus fracciones y el aporte de las mismas, de modo general el híbrido BRS 3003 presento menor concentración de fibra y mayor DIVMS. La reducción del distanciamiento de 0.90 para 0.45 m genero mayor rendimiento de materia seca e mejor calidad nutritiva del maíz para ensilado con menores concentraciones de FDN, FDA, hemicelulosa, celulosa e lignina del tallo, por la menor competición intraespecífica en el cultivo, con mejor distribución espacial de las plantas. El incremento de la densidad no demostró ganancias diferenciadas en la productividad de MS y concentraciones de FDN, FDA, celulosa e lignina, siendo menor para la densidad de 60,000 pl ha⁻¹. Se concluye que el menor distanciamiento (0.45 m) y las densidades de 60,000 e 70,000 pl ha⁻¹ proporcionan forraje de mejor valor nutritivo para ensilado de maíz.

PALABRAS CLAVE: Tallo, digestibilidad, forraje, lignina, madurez, *Zea mays* L.

INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma cultura versátil, sendo importante fonte de forragem, produzindo altos rendimentos de matéria seca e características nutritivas melhores que outras gramíneas (Lauer, 1997). A produtividade está 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 (Muchow, *et al.*, 1990; 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, que promove 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 & Wermke (1981), na cultura do milho em altas densidades de plantas ocorre melhoria na qualidade de colmo, quanto ao teor 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 qualidade 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, 35 a 50% para silo torre 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

Estabelecimento da cultura

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°52' de latitude sul e 48°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 1.479 mm, com chuvas no verão e seca no inverno, e temperatura média mais quente superior a 22°C (Cunha *et al.*, 1999).

O solo da área experimental pertencente à unidade de mapeamento associação Latossolo Vermelho estrutura TB Álico A, moderado, textura argilosa, fase tropical subperenifolia com relevo ondulado. No estabelecimento da cultura de milho, foi realizado o preparo do solo, com aração profunda, destorroamento, nivelamento e abertura dos sulcos, sob sistema de cultivo convencional, sem irrigação.

Por ocasião da semeadura, aplicou-se adubo correspondente a 320 kg ha⁻¹ da fórmula 08-28-16 (N-P-K). Realizou-se também, uma adubação em cobertura com 200 kg ha⁻¹ 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 01. Características fenotípicas e de plantio dos híbridos de milho avaliados

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

Coleta do material

A coleta do material em estudo foi realizada o 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 0,20 m do solo, em 1 m² 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 1 mm, para a determinação da matéria seca a 105°C para posteriores análises bromatológicas.

Análises laboratoriais

As amostras do caule foram analisadas para o teor de fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), e fibra em detergente neutro (LDA) determinado conforme Van Soest (1991); a hemicelulose, celulose e lignina, segundo equações da AOAC (1995). A digestibilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS) segundo a técnica proposta por Goering & Van Soest, metodologia descrita por Campos *et al.*, (2004).

Delineamento experimental

O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 híbridos BM 2202 e BRS 3003 x 2 espaçamentos 0,45 e 0,90 m x 3 densidades 60.000, 70.000 e 80.000 pl ha⁻¹, 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

$$Y_{ijkl} = \mu + H_i + E_j + D_k + (H \cdot E)_{ij} + (H \cdot D)_{ik} + (E \cdot D)_{jk} + (H \cdot E \cdot D)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

em que,

Y_{ijkl} = característica avaliada na parcela l do híbrido i, no espaçamento j, e densidade k;

μ = constante inerente às observações Y_{ijkl} ;

H_i = 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;

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

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

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

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

ε_{ijkl} = erro experimental, associado a cada observação Y_{ijkl} .

RESULTADOS E DISCUSSÃO

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

As médias das fontes de variação avaliadas e as médias do teor 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.

Tabela 02. Médias do teor de matéria seca (%) da planta inteira e frações estruturais do milho em função do híbrido, espaçamento e densidade

Variáveis	HÍBRIDO			ESPAÇAMENTO			DENSIDADE (pl ha ⁻¹)				Média	CV (%)
	BM 2202	BRS 3003	P	0,45 m	0,90 m	P	60.000	70.000	80.000	P		
Planta Inteira	49,50 ^a	44,97 ^b	***	45,44 ^b	49,03 ^a	***	47,08	47,62	47,00	ns	47,24	4,22
Lâmina Foliar	58,74 ^a	41,62 ^b	***	42,12 ^b	58,24 ^a	***	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	55,25 ^b	63,69 ^a	**	60,79	59,42 ^a	58,20	ns	59,47	9,76
Sabugo	45,52	45,92	ns	46,21	45,23	ns	47,25 ^a	44,36 ^b	45,54 ^{ab}	*	45,72	5,29
Grão	71,41 ^a	68,71 ^b	***	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, respectivamente na camada preta o que corrobora com os valores obtidos neste experimento. Sendo os valores do híbrido Quanta intermediário 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 0,90 m entre linhas, porém não afetam o teor de MS do caule, sabugo e grão, tal fato evidencia que o menor espaçamento nas linhas proporcionou menor perda de água.

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.

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.

Influência dos híbridos em relação à planta inteira foram apontados 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 verificou-se diferença 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 0,90 m respectivamente,

evidenciando que o menor espaçamento proporciona maior produção de caule, mas no espaçamento de 0,90 m 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.

Tabela 03. Médias da proporção das frações da planta milho (% da MS) em função do híbrido, densidade e do espaçamento

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

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 80.000 pl ha⁻¹ que não apresentaram diferença entre si.

Produtividade de massa seca da planta de milho e das frações (t ha⁻¹)

Na tabela 04 são apresentados a significância das fontes de variação avaliada é as médias da quantidade de matéria seca originada pela cultura do milho (t ha⁻¹), 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.

Não houve diferença para a produtividade de massa seca na planta inteira entre os híbridos avaliados, apesar do híbrido BRS 3003 ter sido de 8,86% 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).

No experimento de Xu *et al.*, (1995) reportaram incrementos na proporção de MS da espiga com o avanço da maturidade de grão leitoso a camada preta.

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

Tabela 04. Médias das características da produtividade de massa seca (t ha⁻¹) do milho em função do híbrido, espaçamento e da densidade

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

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 0,45 m, 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 & 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, 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 15,2 pl m²) 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 grão 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, FDN, FDA, hemicelulose, celulose e lignina dos híbridos de milho para silagem avaliados em função da densidade e do espaçamento para a fração caule, com base na MS, são apresentados na Tabela 05.

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 0,45 m 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⁻¹ 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 densidade de 60 e 70 mil pl ha⁻¹.

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 0,90 m 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.

Tabela 05. Médias dos constituintes da parede celular e digestibilidade *in vitro* da MS do caule (%) em função do híbrido, espaçamento e densidade

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

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 70.000 pl ha⁻¹, 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 estatística na avaliação da silagem de milho colhida em três estágios de maturidade quanto ao consumo de MS kg 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.

Observaram-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 0,90 m de espaçamento.

Tabela 06. Médias da interação híbrido x espaçamento dos constituintes da MS do caule (%)

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

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 0,90 m e com menor valor na interação BRS 3003 x 0,45 m; 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.

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.

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.

Tabela 07. 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 <,0001	0,61624 <,0001	0,94017 <,0001	0,81657 <,0001	-0,79132 <,0001
FDA		1	0,32147 0,0559	0,99388 <,0001	0,88854 <,0001	-0,73578 <,0001
Hemicelulose			1	0,32548 0,0527	0,22233 0,1925	-0,51414 0,0013
Celulose				1	0,83527 <,0001	-0,72419 <,0001
Lignina					1	-0,66596 <,0001
DIVMS						1

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 matéria seca 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 nos componentes da parede celular e maior digestibilidade *in vitro* da matéria seca do caule, pode proporcionar silagem com melhor valor nutritivo.
- O espaçamento de 0,45 m 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 optar por densidades de 60.000 a 70.000 pl ha⁻¹ por não afetar a qualidade nutritiva do milho para silagem, pela menor concentração de fibra no caule.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, M. L.; MEROTTO, Jr. A.; SANGOI, L.; ENDER, M. e GUIDOLIN, A. F. 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* 2000;30(1):23-29.
- ALVAREZ, C. G. D.; VON PINHO, R. G. e BORGES I. D. Avaliação de características bromatológicas da forragem de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. *Ciênc Agrotec* 2006;30(3):409-414.
- ANDRADE, F. H.; UHART S. A. and FRUGONE, M. I. Intercepted radiation at flowering and kernel number in maize: Shade versus plant density effects. *Crop Science* 1993;(33):482-485.
- AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST. Official methods of analysis. 16. ed. Washington, D.C., 1995. 1094p.
- BALBINOT, Jr. A. A. e FLECK, N. G. Redução do espaçamento entre fileiras: benefícios e limitações. *Revista Plantio Direto*, edição nº. 87, maio/junho de 2005. Aldeia Norte. Editora, Passo Fundo - RS.
- BARBOSA, J. A. Influência do espaçamento e arquitetura foliar no rendimento de grãos e outras características agrônômicas do milho (*Zea mays* L.). (Dissertação Mestrado). Piracicaba, SP, Brasil: Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz; 1995.
- BARRIERE, Y.; EMILE, J. C., TRAINEREAU, R.; SURAULT, F.; BRIAND, M. and GALLAIS, A. 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* 2004;49(2):115-126.
- CAETANO, H. Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem. (Tese Doutorado). Jaboticabal, SP. Universidade Estadual Paulista: 2001.
- CAMPOS, F. P.; NUSSIO, C. M. B. e NUSSIO, L. G. Métodos de análise de alimentos. Piracicaba, Brasil: FEALQ. 2004.
- CANTERO, M. G.; LUQUE, S. F. y 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* 2000;17I(1):3-10.
- COX, W. J.; CHERNEY D. J. R. and PARDEE, W. D. Forage quality and haverest index of corn hybrids under different growing conditions. *Agron Journal* 1994;(86):277-282.

- CUNHA, A. R.; KLOSOWSKI, E. S.; GALVANI, E.; ESCOBEDO, J. F. e MARTINS, D. Classificação climática para o município de Botucatu, SP, segundo Köppen. In: SIMPÓSIO EM ENERGIA NA AGRICULTURA, 1., 1999, Botucatu. *Anais*, 1999. p.487-91.
- FERREIRA, J. J.; RUAS, J. R. M.; SILVA, E. A. da; VIANA, M. C. M. e BARCELOS, A. F. 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*, 2006.
- GEIRER, H. H.; SEITZ, G.; MELCHINGER, A. E. and SCHMIDT, G. A. Genotypic correlations in forage maize I. Relationships among yield and quality traits in hybrids. *Maydica* 1992;(37):95-99.
- JOHNSON, L. M.; HARRISON, J. H.; DAVIDSON, D.; ROBUTTI, J. L.; SWIFT, M.; MAHANNA, W.C. and SHINNERS, K. Corn silage management I: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on chemical and physical characteristics. *J Dairy Sci* 2002a;(85):833-853.
- JOHNSON, L. M.; HARRISON, J. H.; DAVIDSON, D.; SWIFT, M.; MAHANNA W. C. and SHINNERS, K. 2002b. Corn silage management II: Effects of hybrid, maturity, and mechanical processing on digestion and energy content. *J Dairy Sci* 2002b;(85): 2913-2927.
- 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 10 out. 2006.
- LESKEM, Y. and WERMKE, M. Effect of plant density and removal of ears, on the quality of forage maize in a temperate climate. *Grass and Forage Science* 1981;36(3):147-153.
- LUNDBALL, J. P.; BUXTON D. R.; HALLAUER, A. R. and GEORGE Jr. Forage quality variation among maize inbreds: in Vitro digestibility and cell wall components. *Crop. Sci.* 1994;(34):1672-1678.
- MUNDSTOCK C. M.; e SILVA P. R. F. O Cultivo do Milho para Altos Rendimentos. *Revista Seed News* 2006;maio/junho - ano. X n. 3
- NEUMANN, M.; OST, P. R.; LUSTOSA, S. B. C.; ANDREY DE RE, D.; DEFAVERI, F. J.; OLIVEIRA, M. R. de; ROMANO, M. A. e PELLEGRINI, L. G. de. 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*, 2006.

- NUÑEZ, H. G.; FAZ, C. R.; TOVAR, G. M. R. y ZAVALA, G. A. 2001. Híbridos de maíz para la producción de forraje con alta digestibilidad en el norte de México. *Tec Pecu Mex* 2001;39(2):77-88.
- NUSSIO, L. G.; CAMPOS, F. P. e 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.). (Dissertação Mestrado) Lavras, MG, Brasil: UFLA; 1991.
- ROMERO, L. e ARONNA, S. 2004. Siembra de maíz para silage. Campaña de Forrajes Conservados 2003-2004. INTA Rafaela. Disponível: <http://www.engormix.com/S_articles_view.asp?art=616>. Acesso 06 nov. 2006.
- SAS - User's Guide: Statistics, Version 8.0 Edition. 2001. SAS Inst., Inc., Cary, NC.
- SOUZA, G. A.; FLEMMING, J. S.; FLEMMING, R.; PASTORE, N. S.; BENINCÁ, L.; GONÇALVES, J. A.; SIMONI, L. G. e GALLI, M. A. Avaliação de cultivares de milho para produção de silagem de alta qualidade. *Archives of Veterinary Science* 2000;(5):107-110.
- VAN SOEST, P. J.; ROBERTSON, J. B. and LEWIS. B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;(74):3583–3597.
- WATTIAUX, M. Introduction to Silage-Making. Dairy Updates. Feeding N°. 502. 1999. The Babcock Institute. Disponível: <http://babcock.cals.wisc.edu/downloads/du/du_502.en.pdf>. Acesso 18 abr.2006.
- XU, S.; HARRISON, J. H.; KEZAR, W.; ENTRIKIN, N.; LONEY, K. A. and RILEY. R. E. Evaluation of yield, quality, and plant composition of early-maturing corn hybrids harvested at three stages of maturity. *Prof Anim Sci* 1995;(11):157-165.
- ZOPOLLATTO, M.; NUSSIO, L. G.; JUNQUEIRA, M. C.; SARTURI, J. O.; RIBEIRO, J. L.; MARI, L. J.; SCHIMIDT, P.; FERREIRA, L. S.; SANTOS, V. P. dos; DUARTE, A. P. e BITTAR, C. M. M. 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, 2006.

IMPLICAÇÕES

- Estudos envolvendo custos de produção, mecanização e impactos sobre a compactação do solo devem ser abordados, pois a diminuição do espaçamento requer uma maior mecanização no processo de cultivo e de ensilagem devido ao aumento do trânsito de máquinas na área, em virtude do menor espaçamento e conseqüente aumento do número de linhas.
- A resposta do milho para silagem em função do espaçamento, densidade e maturidade de colheita, deve ser conduzida com estudos complementares visando ampliar a base das informações para melhorar a utilização do milho.