

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CENTRO-OESTE, UNICENTRO-PR**

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO FÍSICA DA PLANTA  
DE MILHO PARA SILAGEM, CULTIVADO EM DOIS  
NÍVEIS DE ADUBAÇÃO, DOIS ESPAÇAMENTOS  
ENTRE LINHAS E DUAS DENSIDADES DE PLANTIO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**GISELLE MARIA SELEME TURCO**

**GUARAPUAVA-PR**

**2011**

**GISELLE MARIA SELEME TURCO**

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO FÍSICA DA PLANTA DE MILHO PARA SILAGEM,  
CULTIVADO EM DOIS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO, DOIS ESPAÇAMENTOS ENTRE  
LINHAS E DUAS DENSIDADES DE PLANTIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em agronomia, área de concentração em produção vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Mikael Neumann

Orientador

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria

Co-orientador

GUARAPUAVA-PR

2011

**GISELLE MARIA SELEME TURCO**

**PRODUÇÃO E COMPOSIÇÃO FÍSICA DA PLANTA DE MILHO PARA SILAGEM,  
CULTIVADO EM DOIS NÍVEIS DE ADUBAÇÃO ASSOCIADO A DOIS  
ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS E DUAS DENSIDADES DE PLANTIO**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em agronomia, área de concentração em produção vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 19 de maio de 2011.

Prof. Dra. Sandra Galbeiro – UEM

Prof. Dr. Luiz Giovani de Pellegrini – IFFarroupilha-JC

Prof. Dr. Marcos Ventura Faria – UNICENTRO

Co-Orientador

Prof. Dr. Mikael Neumann – UNICENTRO

Orientador

GUARAPUAVA-PR

2011

Catálogo na Publicação  
Biblioteca do CEDETEG - UNICENTRO, Campus Guarapuava

T933p Turco, Giselle Maria Seleme  
Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio / Giselle Maria Seleme Turco. -- Guarapuava, 2011  
x, 65 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal, 2011  
Orientador: Prof. Dr. Mikael Neumann  
Co-orientador: Prof. Dr. Marcos Ventura Faria  
Banca examinadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sandra Galbeiro, Prof. Dr. Luiz Giovani de Pellegrini

Bibliografia

1. Biomassa. 2. Cultivo de milho. 3. Fatores de crescimento. I. Título. II. Programa de Pós-Graduação em Agronomia.

CDD 633.15

A meu esposo Alencar Abreu Turco

**DEDICO**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por tudo que tem me proporcionado na vida, em especial a realização do mestrado.

À Universidade Estadual do Centro-Oeste – UNICENTRO e ao Núcleo de Produção Animal (NUPRAN).

Ao professor Mikael Neumann, pela orientação durante a minha formação.

Ao professor Marcos Ventura Faria, pela co-orientação.

Aos professores do departamento Agronomia, pelos ensinamentos.

Aos colegas do Mestrado, pela amizade.

Aos estagiários e colegas da NUPRAN, auxílio em meus trabalhos.

A Agrícola Colferai e a Secretaria de Agricultura da Prefeitura de Virmond, pela compreensão e disponibilidade de horário para meus estudos durante o mestrado.

A minha querida mãe Sirlei, pelo carinho e apoio e incentivo.

Ao meu esposo Alencar pelo companheirismo, incentivo e carinho.

Ao sempre lembrado Plínio Turco, exemplo de vida, dedicação e amor.

Aos meus familiares e amigos pela inigualável convivência.

.

**OBRIGADA!**

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	10
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2. OBJETIVO</b> .....	13
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
3.1. A cultura do milho .....	13
3.2. População de plantas.....	15
3.3. Espaçamento entre linhas de cultivo.....	17
3.4. Adubação da cultura do milho.....	18
3.5. Milho para silagem .....	21
3.6. Qualidade da silagem de milho.....	23
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	30
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	46
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	46
<b>APÊNDICES – RESUMOS DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA</b> .....	59

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Valores médios de precipitação, temperatura e insolação normal e ocorrida no período de condução e manejo da cultura do milho.....**25**
- Tabela 2.** Valores médios de altura de planta, altura da inserção da primeira espiga, número de folhas secas por planta, conforme sistema de cultivo para silagem aos 123 após a semeadura.....**29**
- Tabela 3.** Valores médios de produção de matéria verde (MV), produção de matéria seca (MS) e produção de grãos de milho, conforme sistema de cultivo aos 123 dias do plantio para silagem.....**32**
- Tabela 4.** Teores médios de MS da planta e de seus componentes estruturais aos 123 dias de cultivo para silagem.....**34**
- Tabela 5.** Composição física da planta de milho aos 123 dias de cultivo para silagem..... **37**
- Tabela 6.** Teores de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da silagem de milho aos 123 dias de cultivo para silagem.....**39**
- Tabela 7.** Valores médios de caracterização da espiga: número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos em cada fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), perímetro de espiga (PE), diâmetro de espiga (DE) e peso total da espiga (PT), conforme sistema de cultivo aos 153 dias do plantio.....**41**
- Tabela 8.** Teores médios de matéria seca dos grãos e da planta inteira de milho e porcentagem de grão na estrutura da planta de milho cultivada em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio, conforme data de avaliação.....**44**
- Tabela 9.** Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e número de folhas secas por planta (NFS), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.....**58**
- Tabela 10.** Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas produção de matéria verde (PMV), produção de matéria seca (PMS) e produção de

grãos (PG), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.....	59
<b>Tabela 11.</b> Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas ao teor de matéria seca do colmo (MSC), folhas (MSF), brácteas+sabugo (MSBS), grãos (MSG) e planta inteira (MSP), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.....	60
<b>Tabela 12.</b> Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas a participação percentual (base seca) dos colmo (CC), folhas (CF), brácteas+sabugo (CBS) e grãos (CG) na estrutura da planta, do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.....	61
<b>Tabela 13.</b> Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas ao teor de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da silagem do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.....	62
<b>Tabela 14.</b> Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas, número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), e comprimento de espiga (CE), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.....	63
<b>Tabela 15.</b> Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas, perímetro de espiga (PE), diâmetro de espiga (DE) e peso de espiga (PSE), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.....	64
<b>Tabela 16.</b> Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas ao teor de matéria seca dos grãos (MSG) e da planta inteira (MSP) e participação percentual (base seca) dos grãos (CG) na estrutura da planta do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.....	65

## RESUMO

TURCO, Giselle Maria Seleme. Produção e composição física da planta de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio UNICENTRO, 2011. 65p. (Dissertação – Mestrado em Produção Vegetal) <sup>1,2</sup>.

O objetivo foi avaliar a produção de biomassa, a composição física da planta e os teores de matéria seca da planta e de seus componentes estruturais do híbrido de milho SG-6418 para silagem, cultivado em dois níveis de adubação (baixo: 250 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo + 150 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia e alto: 500 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo + 300 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia) associado a dois espaçamentos entre linhas (0,4 e 0,8 m) e duas densidades de plantio (50 e 70 mil plantas.ha<sup>-1</sup>). As plantas de milho foram avaliadas semanalmente a partir do pleno florescimento à maturação fisiológica, em cinco diferentes datas para avaliação do teor de matéria seca da planta e de seus componentes estruturais. Para a variável altura de espiga, maiores valores (P<0,05) foram observados para o milho cultivado com baixa adubação frente à alta adubação (1,27 contra 1,15 m), enquanto que para altura de planta e número de folhas secas não houve interferência (P>0,05) apresentando valores médios de 2,05 m e 3,89 folhas secas por planta. O milho, independentemente do nível de adubação, cultivado com espaçamento entre linhas de 0,4 m e 70000 plantas.ha<sup>-1</sup> obteve maiores (P<0,05) produções de matéria verde (54310 kg.ha<sup>-1</sup>), de matéria seca (20305 kg.ha<sup>-1</sup>) e de grãos (10572 kg.ha<sup>-1</sup>), comparativamente as demais associações de cultivo as quais não manifestaram diferenças entre si (P>0,05). O milho cultivado em baixo nível de adubação em espaçamento de 0,8 m e menor densidade de plantas apresentou menor participação de colmo na base seca (22,6%) e folhas (16,5%), porém com maior participação de brácteas mais sabugo. Quando se elevou a densidade de plantas houve um aumento na participação de colmo e folhas e diminuição na participação de brácteas mais sabugo. O mesmo ocorreu com a participação de grãos na base seca que ao se elevar a densidade de plantas houve um decréscimo de 42,0 para 27,6%. O sistema de cultivo com nível de adubação alto e espaçamento de 0,8 m melhorou a qualidade da silagem resultante, por reduzir o conteúdo de FDN e FDA frente as demais combinações de nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio. O nível de alta adubação modificou a caracterização da espiga obtida com o aumento no número de grãos na fileira, no comprimento de espiga, no perímetro de espiga e no peso de espiga em relação ao nível baixo. Com base nos resultados obtidos conclui-se que incrementos na adubação do milho para silagem resultam em maior produção e melhor qualidade do volumoso.

**Palavras-chave:** caracterização da espiga, concentração de FDN e FDA na silagem, produção de matéria seca, porcentagem de grãos na silagem

---

<sup>1</sup> Orientador: Mikael Neumann

<sup>2</sup> Co-orientador: Marcos Ventura Faria

## ABSTRACT

TURCO, Giselle Maria Seleme. Production and physical composition of the corn plant for silage, cultivated in two fertilization levels, associated with two row spacing and two planting densities UNICENTRO, 2011. 65p. (Thesis – Master in Plant Production) <sup>1,2</sup>.

The objective was to evaluate the biomass production, the physical composition of the corn plant and its substance content in the dry phase of it and the structural components of the hybrid corn SG-6418 for silage, that was cultivated in two levels of fertilization (low level: 250 kg.ha<sup>-1</sup> of fertilizer + 150 kg.ha<sup>-1</sup> of urea and the high level: 500 kg.ha<sup>-1</sup> of fertilizer + 300 kg.ha<sup>-1</sup> of urea), associated in two row spacing (0.4 and 0.8 m) and two planting densities (50 and 70 thousand plants.ha<sup>-1</sup>). The corn plants were weekly evaluated from the flowering until the physiological maturity, on five different dates to evaluate the dry substance content of the plant and its structural components. For the variable height of the ear of corn, the higher values (P<0,05) was observed for the corn grown with low fertilizer facing high fertilization (1,27 contra 1,15 m), while the plant height and the number of dry leaves did not suffer interference (P <0.05), showing average values of 2,05 e 3,89 leaves per plant. The corn, regardless of the level of fertilization, cultivated with row spacing of 0.4m and 70,000 plants.ha<sup>-1</sup> had greater (P <0.05) production of green matter (54310 kg.ha<sup>-1</sup>), of dry one (20305 kg.ha<sup>-1</sup>) and the grains (10572 kg.ha<sup>-1</sup>), compared to the other associations of cultivation, which did not manifest differences between them (P> 0.05). The corn cultivated at a low level of fertilization in spacing of 0,8 m and the lower density of plants shows a lower participation of culm on a dry basis (22,6%) and leaves (16,5%), but with greater participation of bracts and cob. When was increased the plants density, it results an increase participation of culm and leaves and the reduction participation of bracts and cob. The same occurred in the participation of grains in a dry basis by increasing the plant density was a reduction of 42,0 to 27,6%. The cultivation system with a high level of fertilization and spacing of 0.8 m improved the results of the silage quality, by reducing the content of “FND” and “FDA” compare to other fertilization levels of combinations, spacing between rows and planting density. The high level of fertilization changed the characteristics of the corn ear obtained with the increase number of grains in the row, besides the ear length, the perimeter of the ear and corn ear weight in relation to the low level. Based on the results obtained, concludes that the increases in fertilization of corn for silage resulted in higher yields and better quality forage.

**Key-words:** corn ear characterization, concentration of “FND” and “FDA” in the silage, dry matter production, percentage of grains in the silage.

---

<sup>1</sup> Adviser: Mikael Neumann

<sup>2</sup> Co-adviser: Marcos Ventura Faria

## 1. INTRODUÇÃO

O milho é a cultura padrão para ensilagem, pela tradição no cultivo, pela elevada produtividade e pelo bom valor nutricional. Assim, a silagem de milho é uma alternativa de alimento volumoso fundamental na cadeia produtiva intensiva tanto de bovinos de corte ou leite, em função dos índices de produtividade da cultura, da estabilidade de produção, do valor nutritivo e da concentração de energia (NEUMANN, 2006).

Ritchie et al. (2003) inferem que nas condições em que a cultura do milho é utilizada no Brasil a duração das fases fenológicas pode variar acentuadamente entre regiões, anos, datas de semeadura, em razão das freqüentes mudanças climáticas, assim como se tem executado manejos agrônômicos com variado nível de investimento em adubação, espaçamentos entre linhas de 35 a 120 cm e densidades de plantio de 35 a 85 mil plantas.ha<sup>-1</sup>. Estes fatores determinam a obtenção de dados científicos e conclusões variadas a respeito da comparação de manejos agrônômicos utilizados.

O valor nutritivo do milho também está diretamente relacionado ao arranjo de plantas, densidade de semeadura, espaçamento entre linhas e arquitetura da planta. Estes fatores podem interferir na composição nutricional da planta de milho. Em função disso, há uma tendência de redução no espaçamento e aumento na densidade de semeadura, privilegiando assim cultivares de arquitetura mais ereta (STRIEDER, 2006). Entre as práticas e técnicas empregadas para a obtenção de maior produtividade de milho, a escolha do arranjo espacial de plantas na área é uma das mais importantes (ALMEIDA et al., 2000).

Para o melhor desempenho da cultura do milho, a escolha do melhor arranjo de plantas na área e a definição da melhor época para aplicação da cobertura nitrogenada estão entre as decisões mais importantes, aliadas à escolha do híbrido e da época de semeadura (BORGES et al., 2006). A manipulação do arranjo de plantas em milho, através de alterações na densidade de plantas, de espaçamentos entre linhas, de distribuição de plantas na linha e na variabilidade entre plantas, é uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar a interceptação da radiação solar, otimizar o seu uso e potencializar o rendimento de grãos (ARGENTA et al., 2001a).

Em virtude das modificações introduzidas nos genótipos de milho mais recentes, tais

como menor estatura de planta e altura de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, menor duração do sub-período pendramento-espigamento, plantas com folhas de angulação mais ereta e elevado potencial produtivo, torna-se necessário reavaliar as recomendações de práticas de manejo para esta cultura. A redução do espaçamento de semeadura entre linhas propicia melhor distribuição espacial de plantas de milho e melhor produção de forragem, aliada à maior cobertura do solo. O aumento do número de plantas por unidade de área pode ser obtido pela redução do espaçamento entre linhas. Essa redução pode ser adequada, devido à arquitetura das plantas dos híbridos modernos, que permitem o plantio mais adensado, em virtude de os mesmos produzirem menor quantidade de massa, permitindo melhor aproveitamento de luz e água (ARGENTA et al., 2001a).

As características mais desejáveis em uma cultura para ensilagem são a elevada produção de matéria seca, as altas concentrações de proteína bruta e energia (alta digestibilidade) e o elevado teor de matéria seca com baixa concentração de fibra na colheita para favorecer a fermentação (PAZIANI, 2009).

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste trabalho foi avaliar a produção de biomassa, a composição física da planta e os teores de matéria seca da planta e de seus componentes estruturais do híbrido de milho para silagem, cultivado em dois níveis de adubação, associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. A cultura do milho**

O milho (*Zea mays* L.) representa hoje um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo produtos largamente utilizados para a alimentação humana, animal e matérias primas para a indústria, principalmente em função da quantidade e da natureza das reservas acumuladas nos grãos (KUNZ, 2005).

De acordo com Fancelli (2000), o milho é uma cultura tradicional, que ocupa posição significativa no contexto nacional, quanto ao valor da produção agropecuária, área cultivada e volume produzido, especialmente nas regiões sul, sudeste e centro-oeste do Brasil.

O milho é uma gramínea anual pertencente ao grupo de plantas do tipo C4 e possui ampla adaptação climática, tem sua máxima produtividade expressa em condições de temperaturas elevadas e de alta radiação solar incidente, além de suprimento hídrico adequado durante seu ciclo produtivo. A temperatura de desenvolvimento da cultura situa-se entre 10 e 30 °C. A radiação solar incidente fotossinteticamente ativa (PAR) situa-se na faixa de comprimento de onda de 400 a 700 nanômetros (KUNZ, 2005).

O arranjo de plantas pode ser manipulado através de alterações na população de plantas, espaçamento entre linhas, na distribuição de plantas na linha, que proporcionam modificações na configuração do dossel da cultura, podendo alterar a interceptação da radiação solar. A interceptação da radiação solar é influenciada pelo índice de área foliar, ângulo e disposição das folhas, interceptação de luz por outras partes da planta e pela quantidade de luz incidente (ARGENTA et al., 2001a), mas a radiação realmente útil é a absorvida pelos pigmentos fotossintéticos. Por sua vez, o índice de área foliar é dependente do arranjo e população de plantas, enquanto o ângulo e disposição das folhas são específicos ao cultivar utilizado (KUNTZ, 2005).

No período de germinação a cultura do milho exige temperatura mínima de 10°C (ZOPOLLATTO, 2007). A temperatura local é variável em função da latitude, longitude e altitude, sendo a média dos locais de plantio de milho no Brasil de 19 °C durante o dia e 13 °C durante a noite (EMBRAPA, 2005). Temperaturas noturnas elevadas tendem a reduzir o potencial produtivo do milho por contribuir para aceleração do acúmulo graus-dia, resultando em menor quantidade de radiação interceptada e conseqüentemente de acúmulo de fotoassimilados (FANCELLI & DOURADO NETO, 1996).

Em regiões de elevada altitude no sul do Brasil verifica-se temperaturas baixas no início da primavera, o que pode limitar o crescimento vegetativo e a produção de massa seca do milho (SANGOI & ALMEIDA, 1993). Uma alternativa para compensar o menor crescimento das plantas, sob estas condições climáticas é a utilização de um maior número

de plantas por unidade de área (KUNTZ, 2005). Kasele et al. (1995) identificaram maior atividade fotossintética em folhas de menor tamanho, quando comparadas com folhas maiores, atribuindo que tal incremento seja devido ao aumento da densidade estomatal, do conteúdo de proteínas e clorofila e da taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>. Segundo Fancelli & Dourado Neto (1996) a disponibilidade climática das regiões de altitude do Sul do País, por determinarem a formação de folhas menores, pode permitir a formação de plantas mais eficientes na destinação da massa seca acumulada a componentes de interesse econômico.

### **3.2. População de plantas**

O milho é a gramínea mais sensível à variação na densidade de plantas. Para cada sistema de produção, existe uma população que maximiza o rendimento de grãos. A população ideal para maximizar o rendimento de grãos de milho varia de 30.000 a 90.000 plantas.ha<sup>-1</sup>, dependendo da disponibilidade hídrica, fertilidade do solo, ciclo da cultivar, época de semeadura espaçamento entre linhas (SANGOI, 2000). O aumento da densidade de plantas até determinado limite é uma técnica usada com a finalidade de elevar o rendimento de grãos da cultura do milho. Porém, o número ideal de plantas por área é variável, uma vez que a planta de milho altera o rendimento de grãos de acordo com o grau de competição intra-específica proporcionado pelas diferentes densidades de plantas (CRUZ et al., 2007).

O incremento na densidade de plantas é uma das formas mais fáceis e eficientes de aumentar a interceptação da radiação solar incidente pela comunidade de plantas de milho (DEMÉTRIO et al., 2008). Para Argenta et al. (2001a), a manipulação do arranjo de plantas em milho, por meio de alterações na densidade de plantas, de espaçamentos entre linhas, de distribuição de plantas na linha e na variabilidade entre plantas, é uma das práticas de manejo mais importantes para maximizar a interceptação da radiação solar, otimizar o seu uso e potencializar consequentemente o rendimento de grãos.

O aumento e o arranjo da população de plantas podem contribuir para a correta exploração do ambiente e do genótipo, com consequências no aumento do rendimento de grãos (AMARAL FILHO et al., 2002). O arranjo de plantas pode ser manipulado

basicamente por meio de alterações na densidade de plantas e no espaçamento entre fileiras (CRUZ, et al., 2007).

No entanto, segundo Sangoi (2000) quando o número de indivíduos por área é superior à densidade ótima, há uma série de consequências negativas para a formação da espiga, que podem levar à esterilidade. Primeiramente, a diferenciação da espiga é retardada em relação à diferenciação do pendão. Espigas diferenciadas tardiamente apresentam uma taxa reduzida de crescimento, transformando poucos primórdios de espiguetas em floretes funcionais durante a floração. Os floretes funcionais apresentam exteriorização dos estigmas mais lenta, diminuindo o número de espiguetas que serão fertilizadas devido à falta de coincidência entre antese e espigamento.

Plantas de porte reduzido, com menor número de folhas, com folhas mais eretas, tamanho reduzido do pendão e melhor sincronia entre o desenvolvimento das inflorescências masculina e feminina são mais aptos a suportar populações elevadas sem apresentar níveis expressivos de esterilidade. A maior adaptação do milho ao adensamento permite-lhe interceptar e utilizar a radiação solar mais eficientemente, contribuindo para o notável incremento no rendimento potencial de grãos dessa cultura (SANGOI, 2000).

A cultura do milho possui reduzida e/ou limitada capacidade de compensar a baixa população de plantas. A capacidade de uma espiga aumentar em número de fileiras e no número de grãos por fileira em reduzidas populações de plantas é baixa. Lavouras com espaçamentos reduzidos e populações de plantas maiores tendem a apresentar produtividade maior e mais estável. Em parte, isso é assegurado pela melhor qualidade de sementeira, pois, com o espaçamento reduzido a quantidade de sementes a ser distribuída por metro linear é menor, portanto, com menor margem de erro. Além disso, caso ocorra uma falha de queda da semente na linha de plantio esse efeito é minimizado pelo menor espaçamento (ALMEIDA, 2000).

O aumento na população de plantas é uma forma de maximizar a interceptação da radiação solar. Contudo, ele também pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência de conversão dos fotoassimilados à produção de grãos. Aumentos na tolerância de híbridos de milho ao adensamento têm sido reportados na literatura em diferentes regiões produtoras. A senescência foliar mais lenta na fase reprodutiva é uma característica

fisiológica que pode estar relacionada com a maior tolerância do milho ao adensamento (ZANIN, 2007).

Cusicanqui e Lauer (1999) verificaram que a produção de matéria seca aumentou à medida que se elevou a densidade de plantio, e atingiu valor máximo de 18,2 toneladas de matéria seca por hectare com populações de 97.000 a 102.000 plantas.ha<sup>-1</sup>. Penariol et al. (2003), utilizando densidades de 40, 60 e 80 mil plantas ha<sup>-1</sup> obtiveram aumentos lineares na produtividade de grãos com o aumento na densidade de semeadura.

### **3.3. Espaçamento entre linhas de cultivo**

Em países de agricultura desenvolvida, como nos EUA e países da Europa, onde o uso de alta tecnologia é uma constante, espaçamentos menores e densidades de plantio elevadas têm demonstrado ser vantajoso. Com o advento das novas cultivares, não só a densidade pode ser aumentada, como também o espaçamento entre linhas pode ser reduzido. A causa da redução do espaçamento fundamenta-se na arquitetura das plantas dos híbridos modernos, que, por serem de porte baixo, com folhas mais eretas, permitem o plantio mais junto, em virtude das mesmas desenvolverem menor quantidade de massa, permitindo um melhor aproveitamento de luz e de água (CRUZ et al., 1996).

O espaçamento amplo (100 a 120 cm) largamente utilizado até a década de 1990 é oriundo do uso de mecanização animal nas lavouras para realização de tratos culturais. Com o advento e rápido avanço tecnológico da mecanização tratorizada nos tratos culturais e o uso de herbicidas no manejo de plantas indesejáveis, o espaçamento passou a ser reduzido, chegando a níveis que comumente varia entre 70 e 80 cm. Atualmente muitos esforços estão sendo direcionados à redução do espaçamento entre linhas para valores entre 40 e 45 cm, por ajustar-se à tecnologia da cultura da soja, diminuindo questões operacionais de regulagens de máquinas e custo de mão de obra. As plataformas atuais de colheita de milho são ajustáveis para espaçamentos entre linhas a partir de 40 cm (KUNTZ, 2005).

As vantagens do uso de menores espaçamentos entre fileiras estão relacionadas com maior rendimento, cobertura mais rápida do solo, favorecendo maior supressão das plantas indesejáveis à cultura e conseqüente redução de reinfestação, maior absorção de luz solar e

menor perda de água por evaporação, maior eficiência das plantas na absorção de água e nutrientes, melhor qualidade de plantio, mediante menor velocidade de rotação dos sistemas de distribuição de sementes e maximização da utilização de plantadoras, uma vez que diferentes culturas poderão ser plantadas com o mesmo espaçamento, permitindo maior praticidade e ganho de tempo (CRUZ et al., 2007).

Bortolini (2002) verificou aumento de rendimento de grãos de 9% e 26%, quando o espaçamento entre linhas foi reduzido de 90 para 70 e 45 cm, respectivamente. Esses resultados também são semelhantes aos obtidos por Argenta et al. (2001b) ao observar incremento de 716 kg.ha<sup>-1</sup> no rendimento de grãos para cada 20 cm de redução no espaçamento entre linhas utilizando os espaçamentos de 100, 80, 60 e 40 cm.

Melhores rendimentos obtidos em espaçamentos reduzidos podem ser relativos à maior interceptação da radiação solar e seu uso mais eficiente, além de melhorar a habilidade da planta de milho para converter interceptação da radiação solar em produção de grãos (SANGOI et al., 2001). Para Mundstock (1977), a redução do espaçamento entre linhas só se justifica em lavouras com rendimento acima de 6.000 kg.ha<sup>-1</sup> de grãos, pois em baixos rendimentos as limitações são em função de outros fatores como fertilidade, cultivar utilizado, deficiência hídrica e controle fitossanitário.

Penariol et al. (2003) observaram que a redução do espaçamento entre linhas reduziu a altura de plantas e altura de inserção da espiga, o que indica menor grau de competição intra-específica e que por outro lado, o aumento da população provocou e aumento de altura de inserção de espiga.

Argenta et al. (2001b) concluíram que o aumento do rendimento de grãos de milho decorrente da distribuição mais uniforme das plantas com redução do espaçamento entre linhas, principalmente em híbridos de ciclo super-precoce e de baixa estatura, e obtiveram aumento na produção de grãos com a diminuição do espaçamento de 100 para 40 cm.

### **3.4. Adubação da cultura do milho**

No processo de produção de silagem de milho, em que toda a parte aérea da cultura é colhida, a exportação de nitrogênio é mais acentuada. Também são extraídos do solo

elementos como enxofre, potássio, cálcio, magnésio e micro elementos como zinco, cobre, manganês, entre outros, o que justifica maiores investimentos em adubação de base e/ou cobertura para o milho destinado à silagem (NEUMANN et al., 2005).

O milho, sendo uma gramínea, é muito exigente em fertilizantes, especialmente os nitrogenados. A produtividade da cultura do milho depende, entre outros fatores, da eficiência de canalização de carbono e nitrogênio para o grão (e/ou fitomassa para a produção de silagem) e da transformação desses elementos em compostos de reserva. A escassez de nitrogênio afeta diretamente a capacidade fotossintética das plantas, evidenciando a enorme importância que tem esse elemento no processo produtivo. O acúmulo de biomassa e rendimento das culturas é determinado pela assimilação de carbono e nitrogênio. O carbono que não é consumido pela respiração aumenta o teor de matéria seca da planta e pode ser destinado para o crescimento ou reserva. (MARTIN et al., 2011).

O milho responde progressivamente a altas adubações, desde que os demais fatores estejam em níveis ótimos, sendo o nitrogênio o nutriente ao qual a cultura, geralmente responde em incrementos no rendimento de grãos. Estudos evidenciam que à medida que se eleva a densidade de plantas são necessárias maiores doses de nitrogênio (STRIEDER, 2006). Segundo Larcher (2000), o nitrogênio atua sobre o tempo de duração da folha, sua deficiência prejudica o movimento estomático e uma oferta excessiva causa aumento na respiração, ocasionando um menor rendimento fotossintético.

O Nitrogênio é necessário para a síntese da clorofila e, como parte da molécula da clorofila, está envolvido na fotossíntese. Falta de nitrogênio e clorofila significa que a planta não irá utilizar a luz do sol como fonte de energia para funções essenciais como a absorção de nutrientes e a produção de carboidratos para o desenvolvimento (LIMA et al., 2001).

Na produção de silagem ocorre remoção total ou parcial da parte vegetativa, promovendo alta extração e exportação de nutrientes e, conseqüentemente, problemas de fertilidade do solo serão mais intensos e se manifestarão mais rapidamente em relação às áreas de produção de grãos. Isto ocorrerá principalmente se uma mesma área for utilizada para produção de silagem durante anos consecutivos sem um sistema de manejo de solo e adubação adequados. (MARTIN et al., 2011).

Segundo Martin et al. (2011) as recomendações em relação às épocas de aplicação da adubação nitrogenada no milho para silagem são as mesmas que para a produção de grãos, ou seja uma dose em semeadura (até 40 kg.ha<sup>-1</sup>) e o restante em cobertura, podendo ser em uma, duas ou até três aplicações, conforme a dose recomendada. Segundo os mesmos autores, doses a serem aplicadas no milho para silagem deverão ser maiores que para grãos, para compensar a exportação na parte vegetativa da planta, pois em torno de 70% é translocado para o grão os outros 30% do nitrogênio ficam na parte vegetativa, então se recomenda acrescentar a proporção de 30% na dose recomendada para a produção de grãos para compensar a maior exportação na silagem.

Quanto ao Fósforo, este é um dos elementos essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas, estando presente em componentes estruturais das células, como nos ácidos nucléicos e fosfolípidios das membranas celulares e também em componentes metabólicos móveis armazenadores de energia, como o ATP. O fósforo é um dos nutrientes mais exportados, especialmente via grãos. Para cada tonelada de grãos produzida são extraídos 9,8 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e exportados 8,7 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, ou seja, 89% do total absorvido é removido via grãos (MARTIN et al., 2011). De acordo com Von Pinho et al. (2009) o acúmulo total de fósforo para uma produção de 13,5 a 14,6 t.ha<sup>-1</sup> e 32,9 a 29,6 t.ha<sup>-1</sup> de matéria seca em dois híbridos de milho avaliados foi de 92 e 76 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, sendo o terceiro nutriente mais exportado pela cultura do milho.

O Potássio é considerado um macronutriente para as plantas, pois é exigido em altas quantidades, similarmente ao nitrogênio. Embora não faça parte da estrutura química dos compostos da planta, esse nutriente tem funções reguladoras muito importantes nas células (MARTIN et al., 2011). Em plantas de milho as respostas positivas ao potássio são caracterizadas visualmente pela precocidade do aparecimento da inflorescência feminina, uniformidade de maturação e resistência ao acamamento. O suprimento inadequado de potássio pode ocasionar severo índice de aborto de grãos no topo da espiga, resultando em baixas produtividades (BULL & CANTARELA, 1993).

A cultura do milho para produção de grãos extrai em média 83 a 157 kg.ha<sup>-1</sup> de potássio em diferentes níveis de produtividade, variando de 3,65 a 10,15 t.ha<sup>-1</sup> (COELHO, 2006). No entanto, quando se pretende produzir silagem, a exportação de potássio é ainda

mais expressiva, com valores de até 259 kg.ha<sup>-1</sup> de potássio sendo retirado da lavoura pela massa da silagem, o que resulta em um desgaste mais rápido do solo quanto a esse nutriente (MARTIN et al., 2011).

O conhecimento da função de cada um dos nutrientes nas plantas, bem como o manejo da cultura do milho para a produção de silagem no que diz respeito à aplicação dos nutrientes (NPK), amplia a produtividade de silagem e sua qualidade (MARTIN et al., 2011).

### **3.5. Milho para silagem**

O milho é a cultura padrão para ensilagem, pela tradição no cultivo, pela elevada produtividade e pelo bom valor nutricional. Assim, a silagem de milho é uma alternativa de alimento volumoso fundamental na cadeia produtiva intensiva, tanto de bovinos de corte ou leite, em função dos índices de produtividade da cultura, da estabilidade de produção, do valor nutritivo e da concentração de energia (NEUMANN, 2006). Além disso, a ênfase no uso de híbridos mais produtivos e adaptados às condições locais é responsável pelos ganhos em produtividade de massa dessa cultura, apesar da busca por cultivares com elevada quantidade de grãos na massa (PAZIANI et al., 2009).

Segundo Nussio (1997), a silagem de milho é um volumoso que, apesar exigir maiores investimentos quando comparado com outras culturas forrageiras, promove melhor resposta no ganho de peso e na produção de leite quando fornecido a bovinos.

Muitos híbridos de milho de variadas tecnologias são indicados anualmente pelas empresas de melhoramento para ensilagem visando a alimentação de ruminantes de alta produção. Tais indicações são baseadas normalmente em função do potencial produtivo de massa seca por unidade de área e das características químico-bromatológicas da silagem resultante, não estando estas indicações ajustadas à operacionalidade do processo de ensilagem ou à resposta animal (NEUMANN, 2006).

Na nutrição animal, a planta de milho apresenta dois componentes distintos: a fração vegetativa, composta basicamente de carboidratos estruturais, e a fração granífera, representada principalmente pelo amido do endosperma (ZOPOLLATTO & RECO 2009).

Segundo o mesmo autor o teor de matéria seca da planta no momento da ensilagem depende dos teores de matéria seca dos seus componentes estruturais. A fração fibrosa da planta, constituída de colmo, folhas e brácteas, pode representar mais de 50% da matéria seca da planta, portanto, influencia a produção de matéria seca e o valor nutritivo da planta inteira.

Quanto à composição dos constituintes da planta de milho, vários trabalhos foram desenvolvidos no sentido de identificar a possível influência dos constituintes da planta na qualidade da silagem (THOMAS et al., 2001; CAETANO, 2001; VILELA, 2006; ZOPOLLATTO, 2007).

Pesquisadores consideram que a maior participação de grãos na silagem é de suma importância, assim, os melhores híbridos para grãos são recomendados para silagem. Segundo Paziani et al. (2009), no Brasil, não há cultivares de milho específicos para a produção de silagem. Dessa forma, os mesmos autores relataram que as frações folha e colmo se correlacionaram negativamente com a espiga e grãos, assim, opta-se pelos cultivares com maior produção de grãos à maturidade pela elevada correlação entre essas características.

Diante desta situação, alguns trabalhos relacionam a participação de grãos como fator fundamental, sendo que à medida que aumenta a participação de grãos, ocorre incremento na qualidade da silagem. Dessa maneira, a proporção de grãos tem sido enfatizada com critério para auxiliar na escolha de híbridos para silagem, por estar correlacionado com o potencial de produção de grãos e matéria seca total da planta (NUSSIO & MANZANO, 1999).

Com o avanço tecnológico, ocorreu aumento na relação grão para a fração fibrosa nos modernos híbridos. Segundo Lauer et al. (2001), o aumento da produção e qualidade da silagem de milho pode ser atribuída a um incremento na produção de grãos. Outras características agronômicas, além da porcentagem de grão na massa são importantes em programas de seleção de híbridos para silagem, tais como: colmo, folhas, brácteas e sabugo, além da porcentagem de folhas verdes, porcentagem de folhas secas, altura da planta, altura da espiga, porcentagem de plantas acamadas e porcentagem de plantas mortas (ZOPOLLATTO, 2007).

A composição bromatológica da planta de milho varia sensivelmente conforme a densidade de plantio, época de colheita, cultivares, fatores climáticos e ainda conforme a maturidade da planta avança, passando de 1/3 da linha do leite para 1/1, há aumento da porcentagem de matéria seca (49,6% para 64,8%), há também aumento do teor de amido 50,8% para 62,4% (DIAS, 2002). Na fração colmo o mesmo autor demonstrou que os parâmetros relacionados à fibra foram os que mais variam, sendo a fibra em detergente neutro (FDN) a característica que sofreu maior aumento na sua porcentagem com o avanço da maturidade no grão. Na planta inteira, a fração FDN tem tendência de redução e a fração amido apresenta um aumento com o avanço da maturidade.

Avaliando a influência da fração fibrosa da planta, nos diferentes cultivares de milho, na produção de matéria seca por hectare e na digestibilidade in situ das diferentes frações da planta Nussio (1997) constatou que a escolha de híbridos, para produção de silagem, baseada principalmente na produção de matéria seca deve ser revista, em virtude da diversidade do potencial de produção dos materiais disponíveis e da grande dispersão entre variáveis agrônomicas e qualitativas. Em virtude disso, cresce a importância das informações sobre a origem genotípica dos híbridos bem como a qualidade dos materiais a serem ensilados (NUSSIO et al., 2001).

### **3.6. Qualidade da silagem de milho**

A tecnologia “silagem de planta inteira” é um alimento de composição química relativamente homogênea e como na prática seu fornecimento aos animais pode ser controlado, através de seu uso estratégico nos períodos de escassez de forragens, evita-se o grande problema da pecuária bovina, que é o da sazonalidade da produção, seja de carne ou leite (NEUMANN et al., 2006).

Até algum tempo atrás, valorizava-se quase que exclusivamente a elevada produção de massa e buscava-se os chamados “milhos forrageiros”, ou seja, aquele que apresentasse maior produtividade de biomassa, que além de causar uma satisfação em termos quantitativos é um fator diluidor do custo da cultura. Mas, com o avanço de conceitos de nutrição animal e da importância da relação custo-benefício passou-se a buscar também

parâmetros de qualidade, com maior valor nutritivo da massa produzida, seja através da maior participação de grãos na massa, seja através da maior digestibilidade da porção forrageira da planta (PAZIANI, 2009).

Na nutrição animal, a planta de milho apresenta dois componentes distintos: a fração vegetativa, composta basicamente de carboidratos estruturais, e a fração granífera, representada principalmente pelo amido do endosperma (ZOPOLLATTO, 2009).

O valor nutricional difere entre as partes da planta, o que influencia diretamente a degradabilidade e o valor energético da silagem, que dependem da participação da espiga, das folhas e dos colmos no material a ser ensilado.

O estágio de desenvolvimento em que a planta de milho é colhida, além do cultivar utilizado, afeta a percentagem de MS e de grãos na silagem de milho. Muitos autores recomendam que a planta de milho deva ser colhida nos intervalos de 30 a 35% de MS para confecção de silagens. Teores de MS abaixo de 30% estariam relacionados com menor produção de MS, perdas de matéria seca por lixiviação, baixa qualidade da silagem e redução no consumo por animais (NUSSIO et al., 2001).

Por meio do detergente neutro é possível separar o conteúdo celular que é a parte da forragem solúvel no detergente neutro, formado principalmente de proteínas, gorduras, carboidratos solúveis, pectina e outros constituintes solúveis em água da parede celular que são insolúveis em detergente neutro, onde a FDN, que é constituída de celulose, hemicelulose, lignina e proteína danificada pelo calor e proteína da parede celular e minerais (SILVA & QUEIROZ, 2009).

Através de um detergente ácido específico é possível solubilizar o conteúdo celular, a hemicelulose e os minerais solúveis, além de maior parte da proteína insolúvel, obtendo-se um resíduo insolúvel no detergente ácido denominado fibra em detergente ácido (FDA), constituída, em sua quase totalidade, de celulose e lignina, de proteína danificada pelo calor e parte da proteína da parede celular e de minerais insolúveis (cinzas). O método de Van Soest para determinação da qualidade de forrageiras apresenta vantagens em relação a outros, em virtude de sua maior precisão, além de fornecer informações sobre importantes componentes: fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, celulose, lignina, entre outros (SILVA & QUEIROZ, 2009).

A determinação das cinzas ou matéria mineral fornece apenas uma indicação da riqueza da amostra em elementos minerais e/ou ocorrência de eventuais contaminações. As cinzas são determinadas muitas vezes apenas para se conhecer o extrato não nitrogenado (ENN) e, ou, a matéria orgânica de certas amostras, sem a preocupação do teor de minerais (SILVA & QUEIROZ, 2009).

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado em áreas delimitadas de solo com boa aptidão para o cultivo do milho, no Núcleo de Produção Animal lotado no Setor de Ciências Agrárias e Ambientais da Universidade Estadual do Centro Oeste, (UNICENTRO), Campus CEDETEG em Guarapuava – PR.

O solo da área experimental é classificado como Latossolo Roxo. A área experimental vem sendo utilizada nos últimos anos com pastagens de ciclo anual na estação de inverno, e lavouras de milho ou soja na estação de verão, recebendo a cada estação de cultivo, adubações de fósforo e potássio, conforme as Recomendações de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (1995). O clima da região de Guarapuava-PR é o Cfa (Subtropical mesotérmico úmido), sem estação seca, com verões frescos e inverno moderado conforme a classificação de Köppen, em altitude de aproximadamente 1100 m, precipitação média anual de 1944 mm, temperatura média mínima anual de 12,7°C, temperatura média máxima anual de 23,5°C e umidade relativa do ar média anual de 77,9%.

Os valores médios de precipitação (mm), temperatura e insolação normal e ocorrida no período de outubro de 2008 a março de 2009, durante o período de cultivo do milho.

Como pode ser observado na Tabela 1, não houve variações de temperatura e insolação entre valores ocorridos e valores normais, os valores de precipitação foram inferior à média normal no mês de fevereiro de 2009 (estádio reprodutivo) mostrando déficit de 77,4mm, o que pode ter afetado a produção de grãos. Segundo Bortolini et al. (2002) o nível hídrico médio observado no período de condução do presente trabalho pode ser classificado como adequado à cultura do milho.

**Tabela 1.** Valores médios de precipitação, temperatura e insolação normal e ocorrida no período de condução e manejo da cultura do milho, Guarapuava-PR, 2008/2009.

Mês/Ano	Precipitação (mm)		Temperatura (°C)		Insolação média (horas/dia)	
	Normal	Ocorrida	Normal	Ocorrida	Normal	Ocorrida
Outubro/08	202,6	290,4	18,5	18,1	6,26	4,81
Novembro/08	167,5	156,2	19,9	18,9	6,72	6,99
Dezembro/08	196,1	74,6	21,0	20,4	6,6	8,50
Janeiro/09	200,9	256,4	21,7	19,8	6,47	6,27
Fevereiro/09	171,6	94,2	21,6	20,5	6,15	8,41
Média	187,74	174,76	20,54	19,54	6,44	6,99

Fonte: Dados da Estação Meteorológica do IAPAR, Guarapuava, PR.

Foram avaliados a produção de biomassa, a composição física estrutural da planta e composição química da silagem, obtida do cultivo em dois níveis de adubação (baixo: 250 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo NPK-08-30-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) + 150 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia – 45-00-00 (70 kg de N) e alto: 500 kg.ha<sup>-1</sup> NPK-08-30-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) de adubo + 300 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia – 45-00-00 (140 kg de N), associado a dois espaçamentos entre linhas (0,4 e 0,8 m) e duas densidades de plantio (50 e 70 mil plantas.ha<sup>-1</sup>).

As lavouras de milho foram implantadas em 05/10/2008, em sistema de plantio direto, em sucessão à mistura forrageira aveia preta (*Avena strigosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*), a qual foi dessecada com herbicida a base de Glifosate (produto comercial Roundup Original<sup>®</sup>: 3,0 L.ha<sup>-1</sup>). Na semeadura se utilizou espaçamento entre linhas de 0,4 e 0,8 m (1º fator de estudo), profundidade de semeadura aproximada de 4 cm e distribuição de sementes por metro linear visando densidades finais de 50 mil e 70 mil plantas.ha<sup>-1</sup> (2º fator de estudo).

A semeadura do híbrido SG-6418 foi manual, realizada em parcelas com área total

de 28,8 m<sup>2</sup> (4,8 m x 6,0 m) sendo utilizada para avaliação quanti-qualitativa a área útil de 16 m<sup>2</sup> (3,2 m x 5,0 m). A adubação de base foi variável (3º fator de estudo), sendo constituída de 250 ou 500 kg.ha<sup>-1</sup> do adubo NPK na formulação 08-30-20 (N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O), e em cobertura, 30 dias após o plantio, foram aplicados 70 e/ou 140 kg.ha<sup>-1</sup> de N, na forma de uréia (45-00-00).

O manejo da cultura de milho, até 30 dias após a emergência das plantas, envolveu práticas de controle de plantas daninhas pelo método químico utilizando o herbicida a base de Atrazina mais Simazina (Produto comercial Siptran<sup>®</sup>: 7,5 l.ha<sup>-1</sup>) e o herbicida a base de Paraquat (Produto comercial Gramaxone<sup>®</sup>: 2,0 l.ha<sup>-1</sup>) nas entre linhas de plantio aplicado na fase de desenvolvimento das plantas entre a 2 e 3 folhas expandidas, assim como de controle da lagarta do cartucho (*Spodoptera frugiperda*) com o inseticida a base de Lambdacyhalothrin (Produto comercial Karate<sup>®</sup>: 150 ml.ha<sup>-1</sup>) mediante visita técnica das lavouras. O raleio das plantas de milho foi realizado manualmente 20 dias após a emergência (DAE), ajustando a população de plantas para 50 ou 70 mil plantas.ha<sup>-1</sup>.

Os estádios reprodutivos e desenvolvimento dos grãos das plantas de milho foram determinados conforme Ritchie et al. (2003): estágio R1 – pleno florescimento (até 10 dias após o início do florescimento); estágio R2 – grão leitoso (11 a 17 dias após florescimento); estágio R3 – grão pastoso (18 a 25 dias após florescimento); estágio R4 – grão farináceo (26 a 35 dias após florescimento); e estágio R5 – grão farináceo a duro (36 a 42 dias após florescimento).

As plantas de milho dos diferentes tratamentos foram avaliadas semanalmente a partir do pleno florescimento até a maturação fisiológica, nas seguintes datas 24/01/2009 (fase de grão leitoso, R2), 05/02/2009 (fase de grão leitoso a pastoso, R3), 16/02/2009 (fase de grão pastoso a farináceo, R3 a R4), 27/02/2009 (fase de grão farináceo a duro, R4) e 09/03/2009 (fase de grão plenamente duro, R5), para avaliação da concentração de matéria seca da planta e de seus componentes estruturais, visando a produção de silagem de planta inteira. Em cada avaliação procedeu-se a colheita de 6 plantas inteiras (material original), contidas na área útil de cada parcela (16 m<sup>2</sup>), cortadas manualmente a 20 cm do solo, utilizando-se o método do triplo emparelhamento, sendo duas plantas utilizadas para determinação do teor de matéria seca e quatro plantas para determinação da composição

física estrutural.

A adoção dessa prática permitiu determinar a composição percentual das estruturas anatômicas da planta pela segmentação dos componentes: colmo, folhas, brácteas mais sabugo e grãos. Foram também determinados: número de folhas senescentes por planta, altura da inserção da primeira espiga e da planta (m). O “*stay green*” foi determinado segundo Lupatini et al. (2005), por meio da contagem do número de folhas senescentes das plantas de milho, utilizando a seguinte escala de avaliação: alto = presença de 1 a 3 folhas senescentes; médio = presença de 4 a 6 folhas senescentes; e baixo = presença superior a 7 folhas senescentes. As produções de matéria verde, matéria seca e grãos foram determinadas somente no momento da ensilagem (16/02/2009) por coleta de amostras compostas de plantas das parcelas, relacionando peso individual das plantas e população de planta por unidade de área.

As amostras da planta inteira e dos componentes estruturais (material original) foram obtidas de forma homogênea e representativa, pesadas e pré-secadas em estufa de ar forçado a 55 °C. Após peso constante das amostras foi determinado teor de matéria seca (MS), conforme AOAC (1995).

O silo utilizado na confecção das silagens dos diferentes tratamentos foi o experimental do tipo PVC, com dimensões de 0,5 m de comprimento e 0,1 m de diâmetro, equipado com válvula de “bunsen”. A abertura dos silos ocorreu 35 dias após a ensilagem.

A silagem contida em cada silo de PVC foi pesada e pré-secada em estufa de circulação de ar forçado a 55 °C por 72 horas, sendo seqüencialmente retirada da estufa e pesada novamente para determinação do teor de matéria parcialmente seca e moída em moinho tipo “Wiley”, com peneira de malha de 1 mm.

Nas amostras pré-secas, foram determinadas a matéria seca total (MS) em estufa a 105 °C, proteína bruta (PB) pelo método micro Kjeldahl, matéria mineral (MM) por incineração a 550°C (4 horas), conforme AOAC (1995). Foram também determinados os teores de fibra em detergente neutro (FDN), conforme Van Soest et al. (1991), utilizando-se  $\alpha$  amilase termo-estável (Termamyl 120L, Novozymes Latin América Ltda.) e de fibra em detergente ácido (FDA) segundo Goering e Van Soest (1970).

Aos 153 dias do plantio promoveu-se a caracterização da espiga de milho sob as

diferentes formas de cultivo, avaliando-se o número de fileiras de grãos, número de grãos em cada fileira, comprimento de espiga (cm), perímetro de espiga (cm), diâmetro de espiga (cm) e peso total da espiga (g).

Para as variáveis unicamente avaliadas no dia do ensilamento do milho, o experimento foi conduzido segundo delineamento blocos casualizados com três repetições, utilizando-se de um esquema fatorial 2 x 2 x 2, ou seja, composto por 8 tratamentos, sendo o milho cultivado em dois níveis de adubação (baixo: 250 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo + 150 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia e alto: 500 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo + 300 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia), dois espaçamentos entre linhas (0,4 e 0,8 cm) e duas densidades de plantio (50 e 70 mil plantas.ha<sup>-1</sup>). Os dados coletados para cada variável foram submetidos à análise de variância, com comparação das médias ao nível de significância de 5% pelo teste F ou pelo Tukey, por intermédio do programa estatístico SAS (1993). A análise de cada variável seguiu o modelo estatístico:  $Y_{ijklm} = \mu + NA_i + E_j + DP_k + B_l + (NA * E)_{ij} + (NA * DP)_{ik} + (E * DP)_{jk} + (NA * E * DP)_{ijk} + E_{ijkl}$ ; onde:  $Y_{ijklm}$  = variáveis dependentes;  $\mu$  = Média geral de todas as observações;  $NA_i$  = Efeito do nível de adubação de ordem “i”;  $E_j$  = Efeito do espaçamento entre linhas de ordem “j”;  $DP_k$  = Efeito densidade de plantas de ordem “k”;  $B_l$  = Efeito do bloco;  $(NA * E)_{ij}$  = Efeito da interação entre o i-ésimo nível de adubação com o j-ésimo espaçamento entre linhas;  $(NA * DP)_{ik}$  = Efeito da interação entre o i-ésimo nível de adubação com a k-ésima densidade de plantas;  $(E * DP)_{jk}$  = Efeito da interação entre o j-ésimo espaçamento entre linhas com a k-ésima densidade de plantas;  $(NA * E * DP)_{ijk}$  = efeito da interação entre o i-ésimo nível de adubação com o j-ésimo espaçamento entre linhas com a k-ésima densidade de plantas; e  $E_{ijkl}$  = Efeito aleatório residual.

Já para as variáveis avaliadas semanalmente a partir do pleno florescimento à maturação fisiológica, utilizou-se do delineamento blocos casualizados com três repetições, com parcelas subdivididas no tempo, em esquema fatorial 2 x 2 x 2, ou seja, composto por 8 tratamentos, sendo o milho cultivado em dois níveis de adubação (baixo: 250 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo + 150 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia e alto: 500 kg.ha<sup>-1</sup> de adubo + 300 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia), dois espaçamentos entre linhas (0,4 e 0,8 cm) e duas densidades de plantio (50 e 70 mil plantas.ha<sup>-1</sup>), estando nas subparcelas os tempos (datas de colheita: 24/01/2009; 05/02/2009; 16/02/2009; 27/02/2009 e 09/03/2009). Os dados coletados para cada variável

foram submetidos à análise de variância, com comparação das médias ao nível de significância de 5% pelo teste Tukey, por intermédio do programa estatístico SAS (1993). Os dados do fator da subparcela foram submetidos à análise de regressão polinomial, considerando a variável período de avaliação (até 134 dias), por meio do procedimento “proc reg” do programa SAS (1993).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de altura de planta, altura de espiga e número de folhas secas por planta do milho para silagem aos 123 dias após a semeadura podem ser observados na Tabela 02. Não houve interação entre os fatores nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio para as variáveis altura de planta, altura de inserção de espiga e número de folhas secas por planta.

**Tabela 2.** Valores médios de altura de planta, altura da inserção da primeira espiga, número de folhas secas por planta, conforme sistema de cultivo para silagem aos 123 após a semeadura.

Nível de Adubação	Espaçamento entre linhas (m)	Densidade populacional (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Folhas secas por planta	Altura de planta (m)	Altura de espiga (m)
Baixo	0,4	50000	2,6	2,13	1,28
		70000	2,3	2,13	1,28
	0,8	50000	4,8	1,99	1,27
		70000	4,5	2,11	1,25
Alto	0,4	50000	4,5	2,11	1,22
		70000	3,7	2,06	1,15
	0,8	50000	4,0	1,92	1,10
		70000	4,8	2,01	1,13
Média nível baixo de adubação			3,55 <sup>NS</sup>	2,09 <sup>NS</sup>	1,27 a
Média nível alto de adubação			4,25	2,02	1,15 b
Média espaçamento entre linhas 0,4 m			3,27 b	2,10 a	1,23 <sup>NS</sup>
Média espaçamento entre linhas: 0,8 m			4,52 a	2,00 b	1,18

NS: não significativo.

Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes para cada variável, diferem entre si pelo Teste F a 5%.

Os dados da Tabela 2 mostram que o aumento do espaçamento de 0,4 m para 0,8 m determinou aumento no número de folhas secas por planta. A senescência foliar é um

processo normal no ciclo de plantas, sendo a fase final de desenvolvimento de todos os seus órgãos (Dangl et al., 2000). Segundo Borrás et al. (2003) ela ocorre durante todo o desenvolvimento da planta e tem início precoce, sendo a taxa de progressão estimulada por limitações hídricas, nutricionais e de manejo da lavoura, como a distribuição desuniforme de plantas na área (Strieder et al., 2008). Neste trabalho o espaçamento mais amplo determinou maior número de folhas secas por planta, o que segundo Strieder et al. (2008) justifica-se por menores espaçamentos otimizarem a interceptação da radiação, devido à melhor distribuição espacial das plantas na área e ocupação dos espaços entre plantas pelas folhas.

Na avaliação do espaçamento entre linhas, o espaçamento de 0,4 m proporcionou plantas mais altas ( $P < 0,05$ ), frente ao espaçamento de 0,8 m (2,10 contra 2,00 m). Desta forma, o híbrido avaliado caracterizou-se como material de porte baixo (menor que 2,20 m). De acordo com Jaremtchuk et al. (2005), plantas de porte baixo podem reduzir as perdas por acamamento e quebraimento das folhas. Estes dados são contrários ao experimento de Penariol et al. (2003), onde a redução do espaçamento entre linhas reduziu a altura de plantas e altura de inserção da espiga, o que indica menor grau de competição intra-específica e que por outro lado, o aumento da população provocou redução no diâmetro do colmo e aumento de altura de inserção de espiga.

Para a variável altura de espiga, maiores valores ( $P < 0,05$ ) foram observados para o milho cultivado com baixa adubação frente à alta adubação (1,27 contra 1,15 m), enquanto que para altura de planta e número de folhas secas não houve interferência ( $P > 0,05$ ) apresentando valores médios de 2,05 m e 3,89 folhas secas por planta.

A densidade de plantas não interferiu na altura de planta e altura de inserção da espiga, diferindo do trabalho realizado por Kuntz (2005), onde a altura de plantas e inserção da espiga aumentaram linearmente com a população de plantas.

Demétrio et al. (2008), avaliando dois híbridos de milho com três espaçamentos entre linhas diferentes (40, 60 e 80 cm), e quatro densidades populacionais (30, 50, 70 e 90 mil plantas.ha<sup>-1</sup>), observaram que a altura da planta e a inserção da primeira espiga da planta não foram influenciadas pela diminuição do espaçamento entre linhas. De mesma forma Kuntz (2005) em experimento com diferentes híbridos em diferentes

espaçamentos entre linhas verificou que a altura de plantas e da inserção da espiga principal não foram influenciadas pelo espaçamento entre linhas, independente do cultivar utilizado. Já Argenta et al. (2001b) e Penariol et al. (2003), obtiveram plantas de menor altura, dependendo do cultivar nos espaçamentos reduzidos. Kuntz (2005) ainda relata que a altura de plantas aumentou linearmente com a população de plantas, assim como a inserção de espiga, independente do espaçamento entre linhas e do cultivar.

A maior altura de plantas nas maiores populações, decorrente do alongamento dos entrenós, é devido ao efeito combinado da competição intra-específica por luz e o estímulo da dominância apical das plantas (SANGOI, 2001), além do valor adaptativo em alocar seus recursos em direção a um crescimento mais rápido para evitar a sombra, aumentando as chances de crescer acima do dossel, porém sacrificando o diâmetro do colmo e área foliar (TAIZ & ZEIGER, 2004).

O incremento da densidade de plantas aumenta a competição entre indivíduos por água, luz e nutrientes, reduzindo a disponibilidade de fotoassimilados para atender à demanda para enchimento dos grãos e manutenção das demais estruturas da planta (SANGOI & SALVADOR, 1998).

Os valores médios de matéria verde, produção de matéria seca e produção de grãos do milho para silagem cultivado em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio estão na Tabela 03.

**Tabela 3.** Valores médios de produção de matéria verde (MV), produção de matéria seca (MS) e produção de grãos de milho, conforme sistema de cultivo aos 123 dias do plantio para silagem.

Nível de adubação	Espaçamento entre linhas (m)	Densidade populacional (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Produção de MV (kg.ha <sup>-1</sup> )	Produção de MS (kg.ha <sup>-1</sup> )	Produção de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> )
Baixo	0,4	50000	37443	14046	6400
		70000	49196	18672	9730
	0,8	50000	38835	13486	5934
		70000	43034	15569	5918
Alto	0,4	50000	47048	16747	9399
		70000	59425	21938	11415
	0,8	50000	47345	17603	8299
		70000	49238	18800	8839
Média nível de adubação: baixo			42127 b	15443 b	6996 b
Média nível de adubação: alto			50764 a	18772 a	9488 a
Média espaçamento 0,4 m x 50000 plantas.ha <sup>-1</sup>			42245 b	15396 b	7899 b
Média espaçamento 0,4 m x 70000 plantas.ha <sup>-1</sup>			54310 a	20305 a	10572 a
Média espaçamento 0,8 m x 50000 plantas.ha <sup>-1</sup>			43090 b	15544 b	7116 b
Média espaçamento 0,8 m x 70000 plantas.ha <sup>-1</sup>			46136 b	17184 b	7378 b

Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes para cada variável, diferem entre si pelo Teste F a 5% na comparação de médias entre nível de adubação ou Tukey a 5% na comparação de médias da interação entre espaçamento entre linha e densidade.

Houve diferença significativa de forma individualizada entre os níveis de adubação para as variáveis produtivas (Tabela 3). O milho cultivado em nível de alta adubação proporcionou maiores produções de matéria verde (50.764 contra 42.127 kg.ha<sup>-1</sup>), de matéria seca (18.772 contra 14.443 kg.ha<sup>-1</sup>), e de grãos (9488 contra 6.998 kg.ha<sup>-1</sup>) comparado ao milho cultivado em nível de baixa adubação.

Houve interação significativa (P<0,05) entre os fatores espaçamento entre linhas e densidade de plantio. O milho, independentemente do nível de adubação, cultivado com espaçamento entre linhas de 0,4 m e 70.000 plantas.ha<sup>-1</sup> obteve maiores (P<0,05) produções de matéria verde (54.310 kg.ha<sup>-1</sup>), de matéria seca (20.305 kg.ha<sup>-1</sup>) e de grãos (10572 kg.ha<sup>-1</sup>), comparativamente as demais associações de cultivo as quais não manifestaram diferenças entre si (P>0,05). A produção de matéria verde observada está dentro da amplitude encontrada por Neumann et al. (2006) de 37.000 a 75.000 toneladas de massa verde por hectare em plantas colhidas entre 34 e 40% de matéria seca.

A produção de massa verde é uma das primeiras variáveis a avaliar quando se busca informação sobre determinada cultivar, uma preocupação anterior as variáveis de

qualidade da silagem; além de ser uma característica para o dimensionamento de silos (FERRARI JR. et al., 2005).

Paziani et al. (2009) observaram que as produções de MV e MS, foram influenciadas pela elevação nas proporções de folhas e colmo e nas menores proporções de espigas e grãos. Dessa forma, os mesmos autores observaram que as frações folha e colmo se correlacionaram negativamente com a espiga e grãos, o que evidencia o efeito de diluição destas frações com o aumento da fração forrageira da planta.

Neste trabalho a redução do espaçamento proporcionou maiores rendimentos de grãos ( $10.572 \text{ kg.ha}^{-1}$  quando associado a população de  $70.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$ ) e ( $7.899 \text{ kg.ha}^{-1}$  quando associado a população de  $50.000 \text{ plantas.ha}^{-1}$ ), estes resultados corroboram com os resultados obtidos por Bortolini (2002) que verificou aumento de rendimento de grãos de 9% e 26%, quando o espaçamento entre linhas foi reduzido de 90 para 70 e 45 cm, respectivamente, e com os obtidos por Argenta (2001) ao observar um incremento de  $716 \text{ kg.ha}^{-1}$  no rendimento de grãos para cada 20 cm de redução no espaçamento entre linhas utilizando os espaçamentos de 100, 80, 60 e 40 cm.

Segundo Amaral Filho et al. (2005) o acréscimo na densidade de plantas e redução do espaçamento entre linhas otimiza a eficiência da interceptação de luz pelo aumento do índice foliar mesmo nos estádios fenológicos iniciais, melhorando o aproveitamento de água e nutrientes, reduzindo a competição inter e intra-específica por esses fatores, aumentando a matéria seca e a produção de grãos.

Kuntz (2005) verificou que o peso da massa seca média por planta mostrou comportamento similar entre os espaçamentos utilizados, diminuindo de forma linear com o aumento da população de planta e que o aumento da população de plantas afetou a distribuição dos componentes da massa seca total com o aumento da participação de folhas e colmo e redução de espiga (palha e sabugo)..

Os teores médios de matéria seca (MS) da planta e de seus componentes estruturais aos 123 dias após a semeadura podem ser observados na Tabela 04. Houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) na proporção de MS do componente colmo, obtendo-se 22,7% com densidade de  $70000 \text{ plantas.ha}^{-1}$  contra 19,4% com densidade de  $50000 \text{ plantas.ha}^{-1}$  independentemente do espaçamento utilizado.

**Tabela 4.** Teores médios de MS da planta e de seus componentes estruturais aos 123 dias de cultivo para silagem.

Nível de Adubação	Espaçamento entre linhas (m)	Densidade (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Componentes				
			Colmo	Folhas	Brácteas /Sabugo	Grãos	Planta inteira
Baixo	0,4	50000	21,6 a	43,5 a	33,4	63,5	37,5
		70000	23,7 a	32,8 b	37,2	63,5	38,0
	0,8	50000	20,6 b	29,7 b	31,2	59,2	34,8
		70000	21,7 a	44,9 a	38,2	61,8	36,2
Alto	0,4	50000	18,3 b	34,5 b	33,3	62,6	35,7
		70000	24,1 a	32,3 b	33,2	62,9	36,9
	0,8	50000	17,1 b	35,1 b	40,5	68,4	37,6
		70000	21,3 a	41,8 a	34,4	61,0	38,2
Média nível adubação baixo x espaçamento 0,4 m			22,6 <sup>NS</sup>	38,1 <sup>NS</sup>	35,3 b	63,5 <sup>NS</sup>	37,7 a
Média nível adubação alto x espaçamento 0,4 m			21,2	33,4	33,2 c	62,7	36,3 ab
Média nível adubação baixo x espaçamento 0,8 m			21,2	37,3	34,7 b	60,5	35,5 b
Média nível adubação alto x espaçamento 0,8 m			19,2	38,5	37,5 a	62,4	37,9 a
Média densidade 50.000 plantas.ha <sup>-1</sup>			19,4	35,7	27,7	63,4	36,4
Média densidade 70.000 plantas.ha <sup>-1</sup>			22,7	37,9	35,7	62,3	37,3

NS: não significativo.

Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes para cada variável, diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% na comparação entre todas as médias e/ou na comparação de médias da interação entre nível de adubação e espaçamento entre linhas.

A importância em conhecer os valores de produtividade, participação das frações da planta e qualidade dessas frações, além de identificar os cultivares mais adaptados pela expressão de seu potencial produtivo, também permite estabelecer correlações entre estas variáveis e a produtividade e qualidade do milho para silagem (PAZIANI et al., 2009).

As maiores proporções de MS para o componente folhas foi encontrada no milho cultivado em baixa adubação, com espaçamento de 0,8 m com densidade de 70000 plantas.ha<sup>-1</sup> (44,9%), não diferindo estatisticamente do milho cultivado em baixa adubação, espaçamento de 0,4 m e densidade de 50000 plantas.ha<sup>-1</sup> (43,5%), e do milho cultivado em alta adubação, espaçamento de 0,8 m e densidade de 70000 plantas.ha<sup>-1</sup> (41,8%). Menores proporções foram encontradas no milho cultivado em alta adubação, espaçamento de 0,8m e densidade de 50.000 plantas.ha<sup>-1</sup> (35,1%), não diferindo estatisticamente do milho cultivado em alta adubação, espaçamento de 0,4 m e densidade de 50000 plantas/ha<sup>-1</sup> (34,5%), do milho cultivado em baixa adubação, espaçamento de 0,4 m e densidade de 70000 plantas.ha<sup>-1</sup> (32,8%), do milho cultivado em alta adubação, espaçamento de 0,4 m e densidade de 70000 plantas.ha<sup>-1</sup> (32,3%), a menor proporção encontrada foi no milho

cultivado em baixa adubação, espaçamento de 0,8 m e densidade de 50000 plantas.ha<sup>-1</sup> (29,7%).

A Tabela 4 mostra que houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os fatores nível de adubação e espaçamento entre linhas para os teores de MS do conjunto brácteas/sabugo e planta inteira. O milho, independente da densidade de plantas.ha<sup>-1</sup>, quando cultivado em nível de adubação alto e espaçamento de 0,8 m, alcançou maiores ( $P < 0,05$ ) proporções de matéria seca (37,5%) para o componente brácteas mais sabugo comparativamente as demais associações de cultivo, menores proporções foram encontradas no milho cultivado em baixo nível de adubação e espaçamento de 0,8 m (34,7%), não diferindo estatisticamente do milho cultivado em baixa adubação e espaçamento de 0,4 m (35,5%), o menor valor obtido foi no milho cultivado em nível alto de adubação e espaçamento de 0,4 m (33,23%).

Dados de literatura (Nussio, 1992 e Nussio et al.,2001), baseados em análises químico-bromatológicas dos componentes estruturais da planta de milho, indicam que a menor participação do colmo, brácteas e sabugo na planta aumenta a qualidade da silagem, visto que essas frações, de maneira geral, apresentam-se com altos teores de fibra, baixos teores de proteína bruta e menor digestibilidade.

Quanto aos teores de matéria seca na planta inteira, observa-se que o milho, independente da densidade de plantas.ha<sup>-1</sup>, quando cultivado em nível alto de adubação e espaçamento de 0,8 m apresentou valor médio de 37,9% não diferindo estatisticamente do milho cultivado em nível baixo de adubação e espaçamento de 0,4 m (37,7%), menores proporções foram encontradas no milho cultivado em nível baixo de adubação e espaçamento de 0,4 m (36,3%) e no milho cultivado em nível baixo de adubação e espaçamento de 0,8 m (35,5%).

Segundo Fancelli et al. (2000), o corte efetuado com teores de matéria seca acima de 37% não é recomendado pois as folhas encontram-se mais secas acarretando perdas durante o corte, além do fato de dificultar a compactação e a eliminação do ar da massa ensilada. No mesmo sentido Nussio (1990) relatou que quando as plantas são colhidas com teor de matéria seca acima de 38%, há a possibilidade de resultados positivos quanto a produção de matéria seca por hectare; porém as perdas no campo são aumentadas (perdas

de folhas) e além disso se for considerado o uso do silo trincheira, as dificuldades de compactação podem comprometer a qualidade da silagem produzida, devido à aeração do silo, não se conseguindo assim obter a densidade ideal de 500 a 600 kg.m<sup>3-1</sup> para eliminar todo o ar contido na massa.

Níveis reduzidos de MS podem apresentar elevadas quantidades de efluentes. Segundo Rotz e Muck (1994), a produção de efluentes tende a aumentar quadraticamente com o teor de umidade, que carrega em solução, nutrientes de alta digestibilidade e compostos fundamentais para a fermentação, assim, a silagem perde concentração de nutrientes, reduz o consumo da silagem pelos animais e infere negativamente dificultando o manejo de silo (EVANGELISTA & LIMA, 2002).

Na planta de milho ensilada com níveis inferiores de 25% de MS, não ocorre o acúmulo completo de amido no grão e a produção total de MS representa menos de 90% daquela obtida no estágio de farináceo-duro, com 32 a 35% de MS. Além disso, quanto ao processo fermentativo, segundo McDonald et al. (1991), forragens ensiladas com baixos níveis de MS favorecem o crescimento de bactérias do gênero *Clostridium*, cujos principais produtos finais desse tipo de fermentação são o ácido butírico, a água e o dióxido de carbono que, em conjunto, podem determinar perdas da ordem de 50% e 18% para MS e energia, respectivamente.

Os dados de composição física da planta do milho colhido aos 123 dias para silagem são apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5.** Composição física da planta de milho aos 123 dias de cultivo para silagem.

Nível de Adubação	Espaçamento entre linhas (m)	Densidade populacional (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Componentes da planta (% na MS)			
			Colmo	Folhas	Brácteas/Sabugo	Grãos
Baixo	0,4	50000	23,2 bc	23,2 b	15,9	37,7 abc
		70000	23,5 bc	21,0 cd	14,3	41,2 ab
	0,8	50000	22,6 bc	16,5 e	18,8	42,0 a
		70000	28,7 a	27,3 a	16,4	27,6 d
Alto	0,4	50000	20,6 c	19,5 d	19,6	40,3 abc
		70000	22,7 bc	19,7 d	17,3	40,3 abc
	0,8	50000	25,3 ab	21,7 bc	17,5	35,5 bc
		70000	24,3 bc	26,3 a	14,5	34,8 c
Média densidade: 50000 plantas.ha <sup>-1</sup>			22,9 <sup>NS</sup>	20,2 <sup>NS</sup>	17,9 a	38,9 <sup>NS</sup>
Média densidade: 70000 planta.ha <sup>-1</sup>			24,8	23,6	15,6 b	36,0
Média nível adubação baixo x espaçamento 0,4 m			23,4 <sup>NS</sup>	22,1 <sup>NS</sup>	15,1 c	39,5 <sup>NS</sup>
Média nível adubação alto x espaçamento 0,4 m			21,7	19,6	18,4 a	40,3
Média nível adubação baixo x espaçamento 0,8 m			25,7	21,9	17,6 b	34,8
Média nível adubação alto x espaçamento 0,8 m			24,8	24,0	16,0 b	35,1

NS: não significativo.

Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes para cada variável, diferem entre si pelo Teste F a 5% na comparação de médias entre densidade de plantas, assim como diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% na comparação entre todas as médias e/ou na comparação de médias da interação entre nível de adubação e espaçamento entre linhas.

Houve interação tripla ( $P < 0,05$ ), entre os fatores nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantas, para a participação percentual de colmo, folhas e grãos na estrutura física da planta. Para o conjunto brácteas mais sabugo observou-se interação entre espaçamento e nível de adubação.

O milho cultivado em baixo nível de adubação em espaçamento de 0,8 m e menor densidade de plantas (50000 plantas.ha<sup>-1</sup>) apresentou menor participação de colmo na base seca (22,6%) e folhas (16,5%), porém com maior participação de brácteas mais sabugo. Quando se elevou a densidade de plantas para 70.000 plantas.ha<sup>-1</sup> houve um aumento na participação de colmo e folhas (28,7 e 27,3% respectivamente), porém com uma diminuição na participação de brácteas mais sabugo. O mesmo ocorreu com a participação de grãos na base seca ao se elevar a densidade de plantas de 50.000 para 70.000 plantas.ha<sup>-1</sup> há um decréscimo de 42,0 para 27,6%.

De modo geral, o aumento da população de plantas afetou a distribuição dos componentes da massa seca total com aumento da participação de folhas e colmo e redução

de espiga (brácteas mais sabugo), resultados semelhantes foram obtidos por Palhares (2003) e Kuntz (2005).

O aumento da concentração das frações sabugo e brácteas contribuem para a diminuição do valor nutritivo da forragem, pelo fato destas frações serem constituídas de parede celular de baixa qualidade (BAL, 2006). Desta forma, a contribuição destas frações na planta pode ser um critério de seleção de cultivares, buscando-se assim, plantas com menores participações destas frações ou então, plantas onde estas frações apresentem melhor valor nutritivo (ZOPOLLATTO, 2007).

Argenta et al. (2001) em experimento com dois híbridos de milho, cultivados em duas densidades de plantas (50.000 e 65.000 plantas.ha<sup>-1</sup>) e em quatro espaçamentos entre linhas (40, 60, 80 e 100 cm) constataram que a resposta do rendimento de grãos de milho à redução do espaçamento entre linhas variou em função do híbrido e da densidade de semeadura. Houve efeito significativo do espaçamento entre linhas no híbrido C 901, que aumentou linearmente o rendimento de grãos com redução do espaçamento de 100 cm para 40 cm, estimando-se que para cada 20 cm de redução do espaçamento entre linhas houve incremento de 716 kg.ha<sup>-1</sup> do rendimento de grãos de milho.

Strieder et al. (2007) em experimento com dois híbridos de milho, associados a quatro densidades (5,0, 6,25, 7,5 e 8,75 plantas por metro quadrado) e quatro espaçamentos entrelinhas (40,60, 80 e 100 cm), verificaram que o número de grãos por área variou em função da interação tríplice de híbrido, espaçamento entrelinhas e densidade de plantas, em duas estações de crescimento. Ainda relatam que em dois anos da pesquisa, os incrementos no rendimento de grãos devido à redução do espaçamento entrelinhas, na mesma densidade, podem ser atribuídos à melhor distribuição das plantas na área, que minimiza a concorrência por luz na linha, sobretudo sob altas densidades de plantas. Entretanto, esses ganhos no rendimento com redução do espaçamento entrelinhas apenas ocorreram nos híbridos “Flash” e “Garra”, que possuem folhas eretas, onde e apresentam crescimento mais lento, demorando mais para ocupar os espaços disponíveis e muitas vezes não sombreia toda a área das entrelinhas (ARGENTA et al., 2001b; SANGOI, 2001).

Os maiores benefícios do incremento na densidade de plantas e da redução do espaçamento entrelinhas no rendimento de grãos são esperados utilizando híbridos com

arquitetura de planta compacta (folhas eretas), desde que não haja estresse hídrico e/ou nutricional (ARGENTA et al., 2001a).

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios da concentração de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da silagem de milho aos 123 dias de cultivo para silagem.

A concentração de PB da silagem observou-se efeito significativo para nível de adubação, onde plantas colhidas com baixo nível de adubação, independente do espaçamento entre linhas ou densidade populacional, tiveram menores valores (46,8 contra 56,5 g.kg<sup>-1</sup> de MS) comparativamente ao nível de alta adubação. Para a concentração de MM da silagem não foram observados diferenças significativas entre os fatores nível de adubação, densidade de plantas e espaçamento entre linhas, apresentando valor médio de 34,1 g.kg<sup>-1</sup> de MS.

**Tabela 6.** Concentração de proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da silagem de milho aos 123 dias de cultivo para silagem.

Nível de adubação	Espaçamento entre linhas (m)	Densidade populacional (plantas.ha <sup>-1</sup> )	Composição química, g.kg <sup>-1</sup> de MS			
			PB	MM	FDA	FDN
Baixo	0,4	50000	42,7	31,1 a	353,5	612,5
		70000	49,1	37,3 a	340,4	608,1
	0,8	50000	47,3	37,6 a	372,7	643,1
		70000	48,2	35,2 a	364,8	626,1
Alto	0,4	50000	58,3	32,5 a	368,7	633,7
		70000	57,4	28,2 a	372,4	603,3
	0,8	50000	54,4	39,9 a	310,3	573,2
		70000	55,8	31,0 a	360,1	610,1
Média nível adubação: baixo			46,8 b	36,8 <sup>NS</sup>	358,7 <sup>NS</sup>	614,4 <sup>NS</sup>
Média nível adubação: alto			56,5 a	31,4	351,9	613,1
Média nível adubação baixo x espaçamento 0,4 m			45,9 <sup>NS</sup>	34,2 <sup>NS</sup>	346,9 b	610,3 b
Média nível adubação alto x espaçamento 0,4 m			57,8	27,4	368,7 a	634,6 a
Média nível adubação baixo x espaçamento 0,8 m			47,8	39,4	370,6 a	618,5 b
Média nível adubação alto x espaçamento 0,8 m			55,1	35,4	335,2 b	591,6 c

NS: não significativo.

Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes para cada variável, diferem entre si pelo Teste F a 5% na comparação de médias entre nível de adubação, assim como diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% na comparação entre todas as médias e/ou de médias da interação entre nível de adubação e espaçamento entre linhas.

Os dados da Tabela 6 mostram que houve interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre os fatores nível de adubação e espaçamento entre linhas para os teores de FDA e FDN. O milho, independentemente da densidade de plantas. $ha^{-1}$ , quando cultivado em nível de adubação baixo e espaçamento de 0,4 m e em nível de adubação alto e espaçamento de 0,8 m, determinou menores ( $P < 0,05$ ) concentrações de FDA (346,9 e 335,2  $g.kg^{-1}$ , respectivamente) em relação ao cultivo em nível de adubação baixo e espaçamento de 0,8 m e em nível de adubação alto e espaçamento de 0,4 m (370,6 e 368,7  $g.kg^{-1}$ , respectivamente).

Para os teores de FDN, o menor valor ( $P < 0,05$ ) foi observado no sistema de cultivo com nível de adubação alto e espaçamento de 0,8 m (591,6  $g.kg^{-1}$ ) em relação aos demais tratamentos, enquanto que o maior valor de FDN foi observado no nível de adubação alto com espaçamento de 0,4 m (634,6  $g.kg^{-1}$ ), estando demais tratamentos com valores intermediários aos apresentados.

Alvarez et al. (2006) verificaram que o aumento da densidade de plantas para 75000 plantas. $ha^{-1}$  proporcionou redução nos teores de FDN do híbrido AG1051, não influenciando os outros dois híbridos avaliados. Este comportamento pode ser atribuído à formação de um colmo mais fibroso, observado em baixas densidades de plantas. Segundo Leskem & Wermke (1981), ocorre melhoria na qualidade de colmo, quanto ao teor de carboidratos solúveis, em altas densidades de plantas o que poderia reduzir o teor de FDN. Estes dados podem sugerir que para um mesmo híbrido, uma maior densidade de plantas pode resultar em plantas com colmos mais finos e tenros. Todavia, as altas densidades têm alta correlação com a redução do peso de espigas, o que poderia prejudicar a qualidade de silagem (BARBOSA, 1995).

Segundo Cruz (1996), teores elevados de FDN podem levar a redução no consumo de MS pelo animal, resultando em baixo desempenho da produção. Vale ressaltar que a FDN é uma característica que está diretamente relacionada à velocidade de passagem do alimento pelo trato digestivo, e quanto menor o nível de FDN, maior o consumo de MS. Da mesma forma, é importante salientar que o teor de FDN está diretamente relacionado a fatores como ciclo da cultivar, temperaturas noturnas, teor de carboidratos solúveis, entre outros. Já a FDA está relacionada com a digestibilidade da forragem, pois é ela que contém em sua composição celulose e lignina, que são as frações da fibra de menor indigestibilidade, indicando assim, a

quantidade de fibra que não é digestível. Além disso, também é um indicador do valor energético do material, ou seja, quanto menor a FDA, maior será o valor energético da forragem (CRUZ et al., 1996).

Na Tabela 7 são apresentados os valores médios de caracterização da espiga, conforme sistema de cultivo aos 153 dias do plantio. Não houve interações significativas simples ou múltiplas entre os fatores nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade populacional para os parâmetros de caracterização da espiga.

De maneira geral, foram observados maiores valores ( $P < 0,05$ ) de número de grãos na fileira (31,0 contra 26,5), de comprimento de espiga (15,9 contra 13,7 cm), de perímetro de espiga (16,1 contra 14,5 cm) e de peso de espiga (791 contra 543 g) no milho cultivado em nível de alta adubação em relação ao nível baixo.

**Tabela 7.** Valores médios de caracterização da espiga: número de fileiras de grãos (NFG), número de grãos em cada fileira (NGF), comprimento de espiga (CE), perímetro de espiga (PE), diâmetro de espiga (DE) e peso total da espiga (PT), conforme sistema de cultivo aos 153 dias do plantio.

Nível de adubação	Espaçamento entre linhas (m)	Densidade populacional (plantas.ha <sup>-1</sup> )	NFG	NGF	CE (cm)	PE (cm)	DE (cm)	PT (g)	
Baixo	0,4	50000	17,2 a	26,5	13,9	14,6	4,5 a	544	
		70000	16,0 b	28,5	14,2	14,8	4,5 a	604	
	0,8	50000	16,2 b	27,8	14,1	14,5	4,5 a	592	
		70000	16,4 b	23,2	12,1	14,3	4,2 a	434	
Alto	0,4	50000	16,4 b	34,2	17,6	16,6	4,7 a	914	
		70000	17,4 a	29,7	15,6	16,9	4,8 a	817	
	0,8	50000	17,6 a	34,4	16,8	16,1	4,8 a	899	
		70000	15,6 c	25,7	13,5	14,9	4,2 a	535	
	Média nível de adubação: baixo			16,5 <sup>NS</sup>	26,5 b	13,7 b	14,5 b	4,4 <sup>NS</sup>	543 b
	Média nível de adubação: alto			16,7	31,0 a	15,9 a	16,1 a	4,6	791 a
Média espaçamento: 0,4m			16,7 <sup>NS</sup>	29,7 <sup>NS</sup>	15,3 <sup>NS</sup>	15,7 a	4,6 <sup>NS</sup>	720 <sup>NS</sup>	
Média espaçamento: 0,8m			16,5	27,8	14,1	14,9 b	4,7	615	
Média densidade: 50.000 plantas.ha <sup>-1</sup>			16,8 <sup>NS</sup>	28,2 <sup>NS</sup>	15,5 a	15,5 <sup>NS</sup>	4,6 <sup>NS</sup>	737 <sup>NS</sup>	
Média densidade: 70.000 plantas.ha <sup>-1</sup>			16,4	26,8	13,8 b	15,2	4,4	598	

NS: não significativo.

Médias, na coluna, seguidas de letras diferentes para cada variável, diferem entre si pelo Teste F a 5% na comparação de médias entre nível de adubação, espaçamento ou densidade, assim como diferem entre si pelo Teste Tukey a 5% na comparação entre todas as médias.

A menor população de plantas (50.000 plantas.ha<sup>-1</sup>), determinou espigas com maior

comprimento (15,5 contra 13,8cm). O espaçamento entre linha somente afetou ( $P < 0,05$ ) o perímetro da espiga, onde plantas de milho cultivada com 0,4 m de espaçamento entre linhas tiveram maior perímetro (15,7 contra 14,9 cm) comparativamente ao espaçamento 0,8 m. Também observou-se que a densidade populacional somente alterou o comprimento da espiga, mostrando que menor densidade de plantio de 50000 planta.ha<sup>-1</sup> aumenta o comprimento (15,5 contra 13,8 cm) comparado a densidade de 70000 planta.ha<sup>-1</sup>.

Cruz et al. (2007) avaliando dez cultivares de milho, nos espaçamentos de 0,50 m e 0,80 m entre linhas e nas densidades de 40.000, 52.500, 65.000 e 77.500 plantas.ha<sup>-1</sup> observaram que para as cultivares avaliadas, o rendimento de grãos não foi afetado pela redução do espaçamento entre fileiras de 0,80 para 0,50 m, mas, no espaçamento mais reduzido, verificou-se maior taxa de aumento no rendimento quando ocorreu aumento da densidade de plantas.

Mesmo que os incrementos no rendimento de grãos promovidos pela redução do espaçamento entrelinhas dependam do híbrido e da densidade de plantas, esta prática apresenta outras vantagens potenciais que podem justificar seu uso. Entre estas, pode-se citar: menor desenvolvimento de plantas daninhas; redução da dose de herbicida aplicado no seu manejo (BALBINOT Jr. & FLECK, 2004); sombreamento antecipado da superfície do solo com o espaçamento entrelinhas reduzido e/ou com aumento na densidade de plantas, que diminui a evaporação de água no início do desenvolvimento da planta. A cobertura foliar antecipada do solo ainda é importante quando há pouco ou nenhum resíduo da cultura anterior, pois auxilia na sua proteção e diminui a ocorrência de escoamento superficial e a erosão (STRIEDER et al., 2007).

Os teores médios de matéria seca dos grãos e da planta inteira de milho e a porcentagem de grão na estrutura da planta cultivada em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio, conforme data de avaliação são apresentados na Tabela 08. De maneira geral, houve interação duplas e triplas entre os fatores nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade populacional com a data de avaliação, sendo apresentadas as equações de regressão para todas possíveis combinações entre os fatores de estudo.

Observou-se, que a cada dia de avanço no ciclo produtivo da cultura do milho

cultivados em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades, houve efeito linear crescente para os teores de matéria seca dos grãos e da planta inteira, ou seja, na média geral para cada dia de avanço no ciclo reprodutivo da cultura acresceu-se 1,20% no teor de matéria seca dos grãos dentro da variação de 0,97 a 1,31% nas combinações dos fatores de estudo e 0,42% no teor de matéria seca da planta dentro da variação de 0,37 a 0,50% nas combinações dos diferentes fatores em estudo.

Tabela 8. Teores médios de matéria seca dos grãos e da planta inteira de milho e porcentagem de grão na estrutura da planta de milho cultivada em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades de plantio, conforme data de avaliação.

Nível de adubação	Espaçamento entre linhas m	Densidade plantas/ha <sup>-1</sup>	Dias após emergências das plantas (DAE) <sup>1</sup>					Equações de regressão <sup>2</sup> (P<0,0001)
			90 dias R2	101 dias R3	112 dias R4	123 dias R5	134 dias R6	
Matéria seca dos grãos, %								
Baixo	0,4	50000	7,1	35,1	55,1	63,5	65,1	Y= -101,6848-1,3114D (CV:19,6;R <sup>2</sup> :0,85)
		70000	13,5	43,5	53,2	63,5	67,8	Y= -82,6053-1,1689D (CV:17,8;R <sup>2</sup> :0,83)
	0,8	50000	7,5	39,3	51,2	59,2	67,4	Y= -97,2646-1,2693D (CV:14,9;R <sup>2</sup> :0,87)
		70000	6,3	32,5	47,1	61,8	60,8	Y= -99,0434-1,2567D (CV:19,7;R <sup>2</sup> :0,86)
Alto	0,4	50000	18,8	39,2	50,5	62,6	60,5	Y= -62,4548-0,9713D (CV:14,6;R <sup>2</sup> :0,85)
		70000	16,9	25,8	52,0	62,9	65,4	Y= -91,9558-1,2192D (CV:14,1;R <sup>2</sup> :0,91)
	0,8	50000	14,4	31,0	52,8	68,3	66,1	Y= -96,8722-1,2804D (CV:17,5;R <sup>2</sup> :0,87)
		70000	10,4	37,1	51,8	61,0	64,3	Y= -89,1498-1,1972D (CV:17,3;R <sup>2</sup> :0,86)
Média geral			11,9	35,4	51,7	62,9	64,7	Y= -90,1288 - 1,2093D
Matéria seca da planta inteira, %								
Baixo	0,4	50000	21,6	26,9	29,9	37,5	38,2	Y= -13,8261-0,3944D (CV:4,8;R <sup>2</sup> :0,95)
		70000	23,0	27,4	32,2	38,0	44,1	Y= -17,3804-0,4408D (CV:5,6;R <sup>2</sup> :0,98)
	0,8	50000	22,2	26,6	31,4	34,8	38,6	Y= -12,4808-0,3831D (CV:3,7;R <sup>2</sup> :0,96)
		70000	22,8	26,1	31,5	36,2	39,8	Y= -13,4743-0,3968D (CV:5,4;R <sup>2</sup> :0,93)
Alto	0,4	50000	21,0	24,9	30,2	35,7	40,1	Y= -19,1323-0,4325D (CV:7,4;R <sup>2</sup> :0,91)
		70000	21,8	25,3	30,5	36,9	43,8	Y= -24,5302-0,5021D (CV:6,5;R <sup>2</sup> :0,94)
	0,8	50000	22,3	25,6	30,2	37,6	39,8	Y= -11,4548-0,3717D (CV:12,6;R <sup>2</sup> :0,72)
		70000	23,2	27,0	29,9	38,2	41,7	Y= -17,9224-0,4462D (CV:7,2;R <sup>2</sup> :0,91)
Média geral			22,2	26,2	30,7	36,9	40,8	Y= -16,2752 - 0,4210D
Porcentagem de grãos, % na MS								
Baixo	0,4	50000	2,9	12,9	33,1	37,7	39,6	Y= -74,8034-0,8934D(CV:21,0;R <sup>2</sup> :0,88)
		70000	7,3	21,5	30,5	41,2	45,4	Y= -68,3589-0,8708D (CV:13,3;R <sup>2</sup> :0,93)
	0,8	50000	2,1	17,1	23,1	42,0	38,2	Y= -74,4877-0,8838D (CV:22,6;R <sup>2</sup> :0,87)
		70000	2,4	12,7	25,1	27,6	33,1	Y= -57,4910-0,6935D(CV:17,4;R <sup>2</sup> :0,91)
Alto	0,4	50000	8,3	20,1	31,7	40,2	48,8	Y= -73,2412-0,9203D (CV:7,3;R <sup>2</sup> :0,97)
		70000	6,7	12,9	32,4	40,3	45,3	Y= -78,8497-0,9498D (CV:15,5;R <sup>2</sup> :0,93)
	0,8	50000	5,7	13,1	25,9	35,5	40,6	Y= -69,5400-0,8365D (CV:14,2;R <sup>2</sup> :0,94)
		70000	4,4	15,8	30,6	34,8	40,8	Y= -68,1725-0,8346D (CV:14,2;R <sup>2</sup> :0,93)
Média geral			5,0	15,8	29,1	37,4	41,5	Y= -70,6180 - 0,8603D

<sup>1</sup> Dias após emergências das plantas: 24/01/2009 (fase de grão leitoso, R2, 90 dias), 05/02/2009 (fase de grão leitoso a pastoso, R3, 101 dias), 16/02/2009 (fase de grão pastoso a farináceo, R3 a R4, 112 dias), 27/02/2009 (fase de grão farináceo a duro, R4, 123 dias) e 09/03/2009 (fase de grão plenamente duro, R5, 134 dias).

<sup>2</sup> D = Dias após emergências das plantas, variando de 90 a 134 dias.

Os dados da Tabela 8 também mostram que a cada dia de avanço no ciclo produtivo da cultura do milho cultivados em dois níveis de adubação associado a dois espaçamentos entre linhas e duas densidades, houve efeito linear crescente para participação de grãos na estrutura física da planta seca, na ordem de 0,86% para cada dia de avanço no ciclo reprodutivo da cultura, considerando variação mínima e máxima de 0,69 a 0,94% dentro das possíveis combinações dos fatores de estudo.

## 6. CONCLUSÕES

O milho, independentemente do nível de adubação, cultivado com espaçamento entre linhas de 0,4 m e 70000 plantas.ha<sup>-1</sup> determinou maiores produções de matéria verde, de matéria seca e de grãos, comparativamente as demais associações de cultivo.

O sistema de cultivo com nível de adubação alto e espaçamento de 0,8 m melhorou a qualidade da silagem resultante, por reduzir o conteúdo de FDN e FDA frente as demais combinações de nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio, além de modificar a caracterização da espiga obtida com o aumento no número de grãos na fileira, no comprimento de espiga, no perímetro de espiga e no peso de espiga em relação ao nível baixo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - A.O.A.C. **Official methods of analysis**. 14.ed. Washington, D.C., 1995. 1141p.

ALMEIDA, M. L.; MEROTTO JR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; 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**, Santa Maria, 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. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.30, n.3, p.409-414, Mai./Jun., 2006.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; BARBOSA, J. C. Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada nas características produtivas em cultura de milho sob alta tecnologia. In : CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24. 2002, Florianópolis. **Meio ambiente e a nova agenda para o agronegócio de milho e sorgo**: [resumos expandidos]... Sete Lagoas: ABMS/EPAGRI/Embrapa Milho e Sorgo, 2002.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, dez., 2001a.

ARGENTA, G.; SILVA, P.R.F.; BORTOLINI.; FORSTHOFER, E.V.; MANJABOSCO, E.A.; BEHEREGARAY NETO, V. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.1, p.71-78, Jan., 2001b.

BAL, M.A. Effects of hybrid type, stage of maturity, and fermentation length on whole plant corn silage quality. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Science**, Ankara, v.30, p. 331-336, 2006.

BALBINOT JR, A.A.; FLECK, N.G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.6, p.254-252, nov-dez., 2004

BARBOSA, J. A. **Influência do espaçamento e arquitetura foliar no rendimento de grãos e outras características agrônômicas do milho (*Zea mays* L.)**. 1995. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1995.

BARNI, N.A.; BERLATO, M.A.; BERGAMASCHI, H.; RIBOLDI, J. Rendimento máximo do girassol com base na radiação solar e temperatura: II. Produção de fitomassa e rendimento de grãos. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v.1, n.2, p.201-216, 1995

BELEZE, J.R.F.; ZEOULA, L.M.; CECATO, U.; DIAN, P. H. M.; MARTINS, E. N.; FALCÃO, A. J. S. Avaliação de cinco híbridos de milho (*Zea mays*, L.) em diferentes estádios de maturação. 2. Concentração dos componentes estruturais e correlações. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.3, p.538-545, 2003.

BOLSEN, K.K. Silage technology. In: AUSTRALIAN MAIZE CONFERENCE, 2., 1996, Queensland. [**Proceedings...**] Queensland : Gatton College, 1996. p.1-30.

BORGES, I. D.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, J. L. A. R.; ALVAREZ, C. G. D. Efeito das épocas de aplicação da cobertura nitrogenada, das fontes de nitrogênio e dos espaçamentos entre fileiras na cultura do milho. **Revista Ceres**, Lavras, v.53, p.75-81, 2006.

BORRÁS, L.; MADDONI, G.; OTEGUI, M. E. Leaf senescence in maize hybrids: plant population, row spacing and kernel set effects. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 82, n. 1, p. 13-26, 2003.

BORTOLINI, C.G.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.26, p.361-366, 2002.

BÜLL, L. T.; CANTARELA H. Cultura do milho: Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: **Potafos**, p. 63-145, 1993.

CAETANO, H. **Avaliação de onze cultivares de milho colhidos em duas alturas de corte para produção de silagem**. 2001, 178p, Tese (Doutorado em Zootecnia) –

Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2001.

COELHO, A. M. Nutrição e adubação do milho. Embrapa Milho e Sorgo. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Circular técnica**, 78, 2006. 10p.

CRUZ, J. C.; MONTEIRO, J.A.; SANTANA, D.P. Recomendações técnicas para o cultivo do milho. **Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária**, Brasília, 2ª ed, p.15-20, 1996.

CRUZ, J. C.; PEREIRA, F. T. F.; PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, A. C.; MAGALHÃES, P. C. Resposta de cultivares de milho à variação em espaçamento e densidade. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. Sete Lagoas, v.6, n.1, p.60-73, 2007.

CUSICANQUI, J. A.; LAUER, J. G. Plant density and hybrid influence on corn forage yield and quality. **Agronomy Journal**, Madison, v.91, n.6, p. 911-915, 1999.

DANGL, J. L.; DIETRICH, R. A.; THOMAS, H. Senescence and programmed cell death. In: BUCHANAN, B. B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists,. Cap. 15, p. 1044-1100, 2000.

DEMÉTRIO, C. S.; FORNASIERI FILHO, D.; CAZETTA, J. O.; CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.12, p.1691-1697, Dez., 2008.

DIAS, F.N. **Avaliação de parâmetros agronômicos e nutricionais de híbridos de milho (Zea mayz L.) para silagem**. 2002. 95p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P.A.; MANFRON, P.A.; MEDEIROS, S.L.P.; ROMANO, M.R.; Efeito da população de plantas e do espaçamento sobre a produtividade de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.63-77, 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. CNPMS. Sete Lagoas. **Cultura do Milho**, 2005. Disponível em: <[HTTP://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/...](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/) Acesso em 13 out.2010.

EVANGELISTA, A.R., LIMA, J.A. **Silagens: do cultivo ao silo**. Lavras, Editora UFLA, 2ª ed., 2002, 210p.

FACCIONI, R.L.; VIECELLI, C. A. Interferência da densidade populacional em cinco híbridos de milho (*Zea mays* L.) sobre parâmetros fisiológicos e produtivos. **Revista Cultivando o Saber**. Cascavel, v.2, n.2, p.30-39, 2009.

FANCELLI, A. L. Fisiologia, nutrição e adubação do milho para alto rendimento. In: **Simpósio sobre rotação soja/milho no plantio direto**. Piracicaba, SP, 2000, Cd-rom.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Milho: Fisiologia da produção**. Seminário sobre Fisiologia da Produção e Manejo da Água e de Nutrientes na Cultura do Milho de Alta Produtividade. Piracicaba, SP, 1996. 30p.

FERRARI JR., E.; POSSENTI, R.A.; LIMA, M.L. et al. Características, composição química e qualidade de silagens de oito cultivares de milho. **Boletim de Indústria Animal**, v.62, n.1, p.19-27, 2005.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do Milho**. Jaboticabal, FUNEP, 1992. 273p.

GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analysis**: apparatus reagents, procedures and some applications. Washington, D.C, [s.n.], 1970. p.379. Agricultural Handbook.

JAREMTCHUK, A. R.; JAREMTCHUK, C. C.; BAGLIOLI, B.; MEDRADO, M.T.; KOZLOWSKI, L.A.; COSTA, C.; MADEIRA, H.M.F. Características agronômicas e bromatológicas de vinte genótipos de milho (*Zea mays* L.) para silagem na região leste paranaense. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, Maringá, v.27, n.2, p.181-188, 2005.

KASELE, IN.; SHANAHAN, F. F.; NIELSEN, D. C. Impact of growth retardants on corn leaf morphology and gas Exchange traits. *Crops Science*, Madison, v.35, n.1, p.90-94, 1995.

KUNTZ, R. P. **Produtividade do milho em função do arranjo e da população de plantas no sistema de plantio direto na palha**. 2005, 115p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos, Rima, p. 203-207, 2000.

LIMA, E. V.; ARAGÃO, C. A.; MORAIS, O. M.; TANAKA, R.; GRASSI FILHO, H. Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro. *Scientia Agricola*, v.58, n.1, p.125-129, jan./mar. 2001

LESKEM, Y.; WERMKE, M. Effect of plant density and removal of ears, on the quality of forage mayse in a temperature climate. *Grass and Forage Science*, Oxford, v.36, n.3, p.147-153, Sept. 1981.

LUPATINI, G. C.; MACCARI, M.; ZANETTE, S.; PIACENTINI, E.; NEUMANN, M. Avaliação do desempenho agronômico de híbridos de milho (*Zea mays*, L.) para produção

de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.2, p.185-196, 2005.

MAGALHÃES P. G.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas. EMBRAPA/CNPMS, p.15-48. 2002. Circular 22.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; XIMENES, P. A. Interceptação da radiação fotossinteticamente ativa e rendimento de grãos do milho adensado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete lagoas, v.5, n.2, p.170-181, 2006.

MARTIN, T. N.; PAVINATO, P. S.; SILVA, M. R.; ORTIZ, S.; BERTONCELI, P. Fluxo de nutrientes em ecossistemas de produção de forragens conservadas. **Anais do IV Simpósio: Produção e Utilização de Forragens Conservadas**, Maringá, p. 173-219, 2011.

McDONALD, P.; HENDERSON, A.R.; HERON, S.J.E. **The biochemistry of silage**. 2. ed. Marlow: Chalcomb Publishing, 1991. 340p.

MELLO, R.; NORNBORG, J. L.; ROCHA, M. G.; DAVID, D. B. Características qualitativas e produtivas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.1, p.79-94, 2005.

MENDES, M. C.; VON PINHO, R. G.; PEREIRA, M. N. Avaliação de híbridos de milho obtidos do cruzamento entre linhagens com diferentes níveis de degradabilidade da matéria seca. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.285-297, 2008.

MEROTTO JUNIOR, A.; ALMEIDA., M. L.; FUCKS, O. Aumento do rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.27, n.4, p.549-554, 1997.

MUNDSTOCK, C. M. Milho: distribuição da distância entre linhas: uma técnica para híbridos adaptados e lavouras bem conduzidas. **Lavoura Arrozeira**, n.299, p.28-29, 1997.

NEUMANN, M. **Efeito do tamanho de partícula e da altura de colheita das plantas de milho (*Zea mays* L.) sobre perdas, valor nutritivo de silagens e desempenho de novilhos confinados**. 2006, 203p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

NEUMANN, M.; OST, P.R.; LUSTOSA, S. B. C. Comportamento produtivo de híbridos de milho (*Zea mays* L.) 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.

NEUMANN, M.; SANDINI, I. E.; LUSTOSA, S. B. C.; ROMANO, M. A.; FALBO, M. K.; PANSEIRA, R. Rendimentos e componentes de produção da planta de milho (*Zea mays* L.) para silagem, em função de níveis de adubação nitrogenada em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.4, n.3, p. 418-427, 2005.

NUSSIO, L. C. **Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays* L.) para ensilagem através da composição química e digestibilidade in situ**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1997.

NUSSIO, L. G. ; SIMAS, J. M. C. ; LIMA, M. M. . Determinação do ponto de maturidade do milho para silagem. In: Luiz Gustavo Nussio; Maity Zopollato; José Carlos de Moura. (Org.). **Anais do 2º Workshop sobre milho para silagem**. 1 ed. Piracicaba-SP: FEALQ, 2001, v.1, p.11-26.

NUSSIO, L. G.; MANZANO, R.P. Silagem de milho, In: Simpósio sobre nutrição de

bovinos: alimentação suplementar, 7., 1999. **Anais**. Piracicaba: FEALQ, 1999, p. 27-46.

NUSSIO, L. G. **Milho**. Piracicaba; ESALQ, 1990. A cultura do milho e sorgo para a produção de silagem, p. 58-86.

PAZIANI, S. F.; DUARTE, A. P.; NUSSIO, L. G.; GALLO, P. B.; BITTAR, C. M. M.; ZOPOLLATTO, M.; RECO, P. C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.3, p. 411-417, 2009.

PAZIANI, S. F. Cultivares de milho para silagem. Encontro Regional sobre tecnologias de produção de milho e soja. **Nucleus**, Edição especial, p. 15-27, Pindorama, SP, 2009.

PEREIRA, F. R. S.; CRUZ, S. C. S.; ALBUQUERQUE, A. W.; JOSÉ R. SANTOS, J. R.; EDSON T. DA SILVA. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campinas Grande, v.12, n.1, Jan./Fev., 2008.

PENARIOL, F. G.; FORNASIERI FILHO, D.; COICEV, L.; BORDIN, L.; FARINELLI, R. Comportamento de cultivares de milho semeados em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, p.52-60, 2003.

RECOMENDAÇÕES DA COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3 ed. Passo Fundo, SBCS-Núcleo Regional Sul, 1995. EMBRAPA-CNPT. 224p.

RESENDE, S. G.; VON PINHO, R. G.; VASCONCELOS, R. C. Influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantio no desempenho de cultivares de milho.

**Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.2, n.3, p.34-42, 2003

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **Como a planta de milho se desenvolve**. Potafos: Arquivo Agrônomo, n.15, 2003, 20p. Informações Agronômicas, n.103 – setembro/2003.

ROTZ, A.; MUCK, R. E. Changes in forage quality during harvest and storage. **Forage quality, evaluation and utilisation**. ASAE, 1994.

SANGOI, L. ALMEIDA, M. L. Influência do arranjo de plantas e a época de semeadura sobre características agronômicas de milho e feijoeiro consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.10, p.1181-1193, 1993.

SANGOI, L. Understanding plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.1, p.159-168, 2000.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A. F.; ALMEIDA, M. L.; HEBERLE, P. C. Influence of row spacing reduction on maize grain yield in regions with a short Summer. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p.861-869, jun. 2001.

SANGOI, L.; SALVADOR, R. J. Influence of plant height and leaf number on maize production high plant densities. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, n.3, p.297-306, 1998.

SAS INSTITUTE. **SAS Language reference**. Version 6, Cary, NC: 1042 p. 1993.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERACE, A. C. Densidade de plantas e adubação nitrogenada em milho cultivado na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.3, n.3, p.381-390, 2004.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2002. 235p.

SILVA, L. F. P. **Avaliação de características agronômicas e nutricionais de híbridos de milho para silagem**. 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 1997

STRIEDER, M. L. **Resposta do milho à redução do espaçamento entrelinhas em diferentes sistemas de manejo**. 2006, 88p, Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; RAMBO, L.; SANGOI, L.; SILVA, A. A.; ENDRIGO, P. C. A resposta do milho irrigado ao espaçamento entrelinhas depende do híbrido e da densidade de plantas. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.3, p. 634-642, mai-jun, 2007.

STRIEDER, M. L.; SILVA, P. R. F.; RAMBO, L.; BERGAMASCHI, G. A. D.; ENDRIGO, P. C.; JANDREY, D. B. Características de dossel e rendimento de milho em diferentes espaçamentos e sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p. 309-317, mar. 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Arned, 2004. 710p.

THOMAS, E. D.; MANDEBVU, P.; BALLARD, C. S., SNIFFEN, C. J.; CARTER, M. P.; BECK, J. Comparison of corn silage hybrids for yield, nutrient composition, in vitro digestibility, and milk yield by dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.84, n.10, p.2217-2226, 2001.

TILLEY, J. M.; TERRY, R. A. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage

crops. **Journal British Grassland Society**, v.18, p.104-111, 1963.

VAN SOEST, P.J. Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, Savoy, v.74, n.10, p.3583-3597, 1991.

VILELA, H. H **Cultivares de milho ensiladas em diferentes estádios de maturidade**. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2006.

VON PINHO., R. G.; BORGES, I. D.; PEREIRA, J. L. A. R.; DOS REIS, M. C. Marcha de absorção de macronutrientes e acúmulo de matéria seca em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.8, n.2, p. 157-173, 2009.

ZANIN, C. G. **Área foliar, senescência e uniformidade de desenvolvimento na adaptação ao adensamento de plantas de cultivares de milho com bases genéticas contrastantes**. 2007. Dissertação (Mestrado) – Centro de Ciências Agroveterinárias – UDESC, Lages, 2007.

ZOPOLLATTO, M. **Avaliação do efeito da maturidade de cultivares de milho (Zea mays L.) para silagem sobre a produtividade, composição morfológica e valor nutritivo da planta e seus componentes**. 2007. 210f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2007

ZOPOLLATTO, M.; RECO, P.C. Características agronômicas e bromatológicas de híbridos de milho para produção de silagem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.38, n.3, p.411-417, 2009.

## 8. APÊNDICES – RESUMOS DA ANÁLISE DA VARIÂNCIA

Tabela 9. Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e número de folhas secas por planta (NFS), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			Probabilidade		
		AP	AE	NFS	AP	AE	NFS
Nível de adubação ( $NA_i$ )	1	0,0260	0,0828	3,0816	0,1745	0,0007	0,1431
Espaçamento entre linhas ( $ES_j$ )	1	0,0630	0,0117	9,6266	0,0489	0,0824	0,0208
Densidade de plantio ( $DP_k$ )	1	0,0084	0,0012	0,1350	0,4207	0,5421	0,7428
Efeito do Bloco ( $B_l$ )	2	0,0873	0,0386	2,2366	0,0051	0,0008	0,1889
( $NA*ES$ ) <sub>ij</sub>	1	0,0026	0,0040	5,2266	0,6499	0,2791	0,0674
( $NA*DP$ ) <sub>jk</sub>	1	0,0026	0,0002	0,1350	0,6499	0,7998	0,7428
( $ES*DP$ ) <sub>JK</sub>	1	0,0260	0,0018	1,1266	0,1745	0,4543	0,3550
( $NA*ES*DP$ ) <sub>ijk</sub>	1	0,0001	0,0063	0,9600	0,9272	0,1823	0,3913
Erro b: ( $E_{ijkl}$ )	14	0,0117	0,0029	1,1691	-	-	-
$R^2$	-	0,8983	0,9461	0,8032	-	-	-
Coefficiente de variação	-	5,26	4,50	27,78	-	-	-
Média geral	-	2,06	1,21	3,89	-	-	-

Tabela 10. Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas produção de matéria verde (PMV), produção de matéria seca (PMS) e produção de grãos (PG), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			Probabilidade		
		PMV	PMS	PG	PMV	PMS	PG
Nível de adubação ( $N_i$ )	1	447603888,2	66483459,37	37272845,04	0,0017	0,0006	0,0005
Espaçamento entre linhas ( $E_j$ )	1	80608010,7	13253634,37	23722805,04	0,0842	0,0401	0,0019
Efeito do Bloco, Erro a: $R_k(N*E)_{ij}$	8	28942159,5	2671221,29	1059321,92	0,3245	0,3983	0,5421
$(N*E)_{ij}$	1	9830400,0	715185,38	135751,04	0,5107	0,5853	0,7394
Densidade de plantio ( $D_l$ )	1	342498370,7	64298087,04	12922805,04	0,0036	0,0007	0,0099
$(N*D)_{jl}$	1	1030080,7	38640,37	215651,04	0,8268	0,8981	0,6757
$(E*D)_{jl}$	1	122013541,5	16031176,04	8727822,04	0,0415	0,0274	0,0246
$(N*E*D)_{ijl}$	1	3219337,5	789525,37	1310870,04	0,7040	0,5668	0,3157
Erro b: ( $E_{ijklm}$ )	8	2075032,8	2212809,00	1144247,4	-	-	-
$R^2$	-	0,881796	0,9118	0,910200	-	-	-
Coefficiente de variação	-	9,81	8,69	12,98	-	-	-
Média geral	-	46446	17107	8242	-	-	-

Tabela 11. Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas ao teor de matéria seca do colmo (MSC), folhas (MSF), brácteas+sabugo (MSBS), grãos (MSG) e planta inteira (MSP), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios					Probabilidade				
		MSC	MSF	MSBS	MSG	MSP	MSC	MSF	MSBS	MSG	MSP
Nível de adubação ( $N_i$ )	1	17,0690	19,5662	0,7141	17,9055	14,6172	0,1213	0,2351	0,8665	0,3151	0,0426
Espaçamento entre linhas ( $E_j$ )	1	17,9228	26,7759	19,6204	1,58620	0,0651	0,1137	0,1715	0,3895	0,7579	0,8763
Efeito do Bloco, Erro a: $R_k(N*E)_{ij}$	8	6,9476	23,8720	36,9779	16,4658	6,8648	0,3916	0,1714	0,2719	0,4702	0,0889
$(N*E)_{ij}$	1	0,5221	51,8322	35,4780	36,1376	24,6240	0,7695	0,0701	0,2560	0,1664	0,0141
Densidade de plantio ( $D_l$ )	1	65,4720	31,2130	7,6840	7,51520	1,1837	0,0094	0,1436	0,5848	0,5072	0,5125
$(N*D)_{jl}$	1	16,9344	0,0084	107,6113	35,5510	0,2035	0,1226	0,9794	0,0657	0,1695	0,7835
$(E*D)_{jl}$	1	2,6268	453,7051	3,0673	8,77250	0,0100	0,5158	0,0003	0,7284	0,4747	0,9513
$(N*E*D)_{ijl}$	1	0,1204	105,5876	31,6940	39,0405	0,6240	0,8879	0,0164	0,2809	0,1522	0,6322
Erro b: $(E_{ijklm})$	-	5,6830	11,8704	23,7056	15,5903		-	-	-	-	-
$R^2$	-	0,794942	0,9028	0,7256	0,6904	0,8268	-	-	-	-	-
Coefficiente de variação	-	11,31	9,3521	13,84	6,28	4,45	-	-	-	-	-
Média geral	-	21,0	36,8	35,2	62,9	35,7	-	-	-	-	-

Tabela 12. Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas a participação percentual (base seca) dos colmo (CC), folhas (CF), brácteas+sabugo (CBS) e grãos (CG) na estrutura da planta, do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				Probabilidade			
		CC	CF	CBS	CG	CC	CF	CBS	CG
Nível de adubação (N <sub>i</sub> )	1	9,5256	0,2053	4,5327	1,9895	0,2158	0,6242	0,0314	0,6602
Espaçamento entre linhas (E <sub>j</sub> )	1	44,9908	26,4180	0,0234	144,0110	0,0193	0,0004	0,8561	0,0047
Efeito do Bloco, Erro a: R <sub>k</sub> (N*E) <sub>ij</sub>	8	4,6510	4,4465	2,4480	4,6999	0,5683	0,0124	0,0423	0,8320
(N*E) <sub>ij</sub>	1	1,1528	32,1553	37,425	0,3825	0,6526	0,0002	<.0001	0,8463
Densidade de plantio (D) <sub>l</sub>	1	20,8320	66,6666	31,6710	50,1415	0,0821	<.0001	0,0001	0,0511
(N*D) <sub>jl</sub>	1	10,8810	5,4150	0,5430	40,3263	0,1888	0,0308	0,3937	0,0739
(E*D) <sub>jl</sub>	1	2,7608	113,8832	0,9322	129,3168	0,4900	<.0001	0,2715	0,0062
(N*E*D) <sub>ijl</sub>	1	28,9081	26,7126	0,0051	109,7820	0,0473	0,0004	0,9325	0,0095
Erro b: (E <sub>ijklm</sub> )	8	5,2734	0,7912	0,6683	9,5480	-	-	-	-
R <sup>2</sup>	-	0,7874	0,9798	0,9465	0,8705	-	-	-	-
Coefficiente de variação	-	9,61	4,06	4,87	8,25	-	-	-	-
Média geral	-	23,9	21,9	16,8	37,4	-	-	-	-

Tabela 13. Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas ao teor de matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) da silagem do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios				Probabilidade			
		MM	PB	FDN	FDA	MM	PB	FDN	FDA
Nível de adubação (N <sub>i</sub> )	1	0,3253	3,0745	18,0267	1,4504	0,4736	0,0504	0,2738	0,7385
Espaçamento entre linhas (E <sub>j</sub> )	1	0,3366	0,5251	0,1067	2,4704	0,4661	0,3958	0,9314	0,6635
Efeito do Bloco (B)	2	0,2205	0,0750	168,0863	38,4800	0,6976	0,8969	0,0009	0,0780
(N*E) <sub>ij</sub>	1	0,3525	1,3680	39,0150	47,8837	0,4561	0,1792	0,0479	0,0406
Densidade de plantio (D) <sub>i</sub>	1	0,0828	0,0165	0,8067	4,0837	0,7155	0,8787	0,8131	0,5767
(N*D) <sub>ji</sub>	1	1,5194	1,0626	3,0817	21,0937	0,1358	0,2331	0,6450	0,2150
(E*D) <sub>ji</sub>	1	0,5940	0,6501	11,4817	10,0104	0,3371	0,3461	0,3788	0,3860
(N*E*D) <sub>ijl</sub>	1	0,0565	0,0198	24,0000	6,5104	0,7630	0,8672	0,2099	0,4821
Erro b: (E <sub>ijklm</sub> )	14	0,5942	0,6841	13,8998	12,5023	-	-	-	-
R <sup>2</sup>	-	0,3452	0,4176	0,6898	0,4934	-	-	-	-
Coefficiente de variação	-	22,80	16,40	6,07	9,94	-	-	-	-
Média geral	-	3,38	5,04	613,7	355,6	-	-	-	-

Tabela 14. Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas, número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira (NGF), e comprimento de espiga (CE), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			Probabilidade		
		NFE	NGF	CE	NFE	NGF	CE
Nível de adubação ( $N_i$ )	1	0,3600	81,0000	22,2312	0,3349	0,0529	0,0255
Espaçamento entre linhas ( $E_j$ )	1	0,3600	15,2100	5,8806	0,3349	0,3537	0,1484
Efeito do Bloco, Erro a: $R_k(N^*E)_{ij}$	8	3,1000	5,7150	1,8359	0,0220	0,7938	0,5010
$(N^*E)_{ij}$	1	0,0000	0,0100	0,2162	1,0000	0,9798	0,7491
Densidade de plantio ( $D_l$ )	1	1,0000	62,4100	12,2150	0,1419	0,1010	0,0516
$(N^*D)_{jl}$	1	0,0000	28,0900	3,0800	1,0000	0,2274	0,2655
$(E^*D)_{jl}$	1	0,6400	29,1600	3,0800	0,2179	0,2203	0,2655
$(N^*E^*D)_{ijl}$	1	4,8400	1,4400	0,2550	0,0159	0,7632	0,7286
Erro b: $(E_{ijklm})$	8	0,3000	13,8454	1,8410	-	-	-
$R^2$	-	0,9423	0,8126	0,8805	-	-	-
Coefficiente de variação	-	3,30	12,94	9,21	-	-	-
Média geral	-	16,6	28,7	14,7	-	-	-

Tabela 15. Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas, perímetro de espiga (PE), diâmetro de espiga (DE) e peso de espiga (PSE), do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			Probabilidade		
		PE	DE	PSE	PE	DE	PSE
Nível de adubação (N <sub>i</sub> )	1	10,2400	0,1849	245520,2500	0,0009	0,1117	0,0176
Espaçamento entre linhas (E <sub>j</sub> )	1	2,3409	0,1225	43890,2500	0,0137	0,1732	0,1750
Efeito do Bloco, Erro a: R <sub>k</sub> (N*E) <sub>ij</sub>	8	1,0092	0,0247	6298,2500	0,0373	0,7102	0,8086
(N*E) <sub>ij</sub>	1	0,9801	0,0121	7656,2500	0,0731	0,5172	0,5295
Densidade de plantio (D) <sub>l</sub>	1	0,3249	0,2025	78120,2500	0,1926	0,1004	0,0930
(N*D) <sub>jl</sub>	1	0,2209	0,0121	32942,2500	0,2664	0,6303	0,2269
(E*D) <sub>jl</sub>	1	1,0000	0,2601	58806,2500	0,0816	0,0734	0,1294
(N*E*D) <sub>ijl</sub>	1	0,2916	0,0225	600,2500	0,2123	0,5172	0,8567
Erro b: (E <sub>ijklm</sub> )	8	0,1326	0,0447	16191,2500	-	-	-
R <sup>2</sup>	-	0,9734	0,8381	0,8838	-	-	-
Coefficiente de variação	-	2,37	4,67	19,07	-	-	-
Média geral	-	15,3	4,5	667,4	-	-	-

Tabela 16. Resumo da análise de variância e teste de significância para as variáveis relativas ao teor de matéria seca dos grãos (MSG) e da planta inteira (MSP) e participação percentual (base seca) dos grãos (CG) na estrutura da planta do milho colhido aos 123 dias após a emergência, em função do nível de adubação, espaçamento entre linhas e densidade de plantio

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			Probabilidade		
		MSG	MSP	CG	MSG	MSP	CG
Nível de adubação (N <sub>i</sub> )	1	9,8556	0,4416	111,3613	0,5185	0,7168	0,0003
Espaçamento entre linhas (E <sub>j</sub> )	1	76,0180	0,1306	583,8840	0,0756	0,8435	0,0001
Efeito do Bloco, Erro a: R <sub>k</sub> (N*E) <sub>ij</sub>	8	22,7641	12,2679	10,7631	0,4644	0,0011	0,2226
(N*E) <sub>ij</sub>	1	103,9554	8,7696	6,2563	0,0384	0,1088	0,3747
Densidade de plantio (D) <sub>l</sub>	1	21,7005	78,4083	4,5248	0,3388	0,0001	0,4500
(N*D) <sub>jl</sub>	1	20,1310	8,0704	1,0378	0,3568	0,1237	0,7171
(E*D) <sub>jl</sub>	1	71,1634	4,9613	42,8407	0,0854	0,2260	0,0221
Data de avaliação (M) <sub>m</sub>	4	11639,23	1290,387	5551,4559	0,0001	0,0001	0,0001
(N*M) <sub>im</sub>	4	95,4720	10,5124	25,2439	0,0048	0,0187	0,0170
(E*M) <sub>jm</sub>	4	18,3291	5,5962	22,4074	0,5400	0,1633	0,0292
(D*M) <sub>lm</sub>	4	2,4648	12,0627	14,4903	0,9804	0,0093	0,1286
(N*E*M) <sub>ijm</sub>	4	15,9694	0,6220	4,4836	0,0714	0,6668	0,6842
(N*D*M) <sub>ilm</sub>	4	31,1774	7,8946	26,9176	0,2661	0,0598	0,0124
(E*D*M) <sub>ilm</sub>	4	21,1111	0,7065	35,6871	0,4676	0,0433	0,0024
Erro b: (E <sub>ijklm</sub> )	76	23,4215	3,3304	7,8467	-	-	-
R <sup>2</sup>	-	0,9641	0,9563	0,9755	-	-	-
Coefficiente de variação	-	10,6794	5,9112	10,88	-	-	-
Média geral	-	45,32	30,87	25,74	-	-	-