

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

EDEMIR MIOTTO JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO
SOB DENSIDADES DE PLANTAS E ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS
SIMPLES E DUPLAS**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2014

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

EDEMIR MIOTTO JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO
SOB DENSIDADES DE PLANTAS E ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS
SIMPLES E DUPLAS**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2014

EDEMIR MIOTTO JÚNIOR

**DESENVOLVIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO
SOB DENSIDADES DE PLANTAS E ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS
SIMPLES E DUPLAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo
Co-Orientador: Prof. Dr. Lindolfo Storck

PATO BRANCO

2014

M669d Miotto Júnior, Edemir.
Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas / Edemir Miotto Júnior.
-- Pato Branco: UTFPR, 2014.
65 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo
Co-orientador: Prof. Dr. Lindolfo Storck
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2014.
Bibliografia: f. 60 – 65.

1. Zea Mays. 2. Componentes do rendimento. 3. Arranjo de plantas. I. Modolo, Alcir José, orient. II. Storck, Lindolfo, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD 22. ed. 630



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

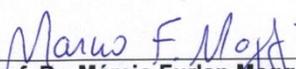
Título da Dissertação n.º 093

Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas
por

Edemir Miotto Júnior

Dissertação apresentada às treze horas e trinta minutos do dia vinte e seis de fevereiro de dois mil e quatorze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

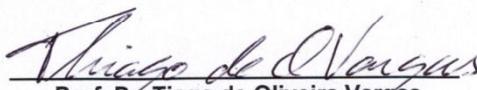
Banca examinadora:



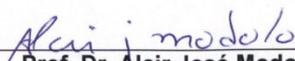
Prof. Dr. Márcio Furlan Maggi
UNIOESTE/Cascavel - PR



Prof. Dr. Lindolfo Storck
UTFPR/PB



Prof. Dr. Tiago de Oliveira Vargas
UTFPR/PB



Prof. Dr. Alcir José Modolo
UTFPR/PB
Orientador

Visto da Coordenação:



Prof. Dr. Idalmir dos Santos
PPGAG

Dedico este trabalho a meus pais Edemir Miotto e Dilva Terezinha
Battistuz Miotto e a minha irmã Yohanna Evelyn Miotto.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

A minha mãe Dilva, que não mediu esforços para me ajudar nessa etapa de minha vida, sempre me incentivando e estando sempre presente desde o início dessa caminhada, me dando forças para seguir em frente, não me deixando desanimar e desistir no meio do caminho.

Ao meu pai Edemir e a minha irmã Yohanna, por sempre que possível estarem me incentivando e ajudando a concluir esse trabalho.

A todos os professores da Pós-Graduação, pelo conhecimento, dedicação e acima de tudo pela amizade.

Ao professor Dr. Lindolfo Storck pela coorientação, pela ajuda nas análises estatísticas e pela amizade.

Agradeço em especial ao professor Dr. Alcir José Modolo, pela confiança em mim depositada, pelos conselhos, ensinamentos e principalmente pelo incentivo durante todas as etapas desse trabalho. Pra mim é uma honra tê-lo como orientador, professor, e acima de tudo como Amigo.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco, pela oportunidade de estudo, conhecimento e crescimento pessoal e profissional durante todo esse período.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, que possibilitou o desenvolvimento desse trabalho.

Aos bolsistas de Iniciação Científica Rudi Otto Dams e Felipe Machado, que não mediram esforços durante a condução e avaliações do experimento. E pela amizade construída nesse período.

Muito obrigado!

“Uma geração vai e a outra vem,
porém a terra sempre permanece...”

Eclesiastes

RESUMO

MIOTTO JÚNIOR, Edeмир. Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas. 2014. 65f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Nos últimos anos o milho (*Zea mays*) tem recebido grande valorização por parte dos produtores agrícolas passando de uma mera cultura destinada para o programa de rotação de culturas, para uma commodity agrícola. Entre os principais fatores que vem influenciando o aumento da área plantada, bem como o crescimento da cultura são a utilização de materiais mais produtivos, arranjo de plantas mais adequadas ao cultivar utilizado, redução do espaçamento entre linhas e/ou aumento da densidade populacional. Neste contexto, esse trabalho tem por objetivo avaliar o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas. O experimento foi realizado no Município de São João, PR em propriedade particular. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições em esquema bifatorial 5 x 5, sendo cinco espaçamentos entre linhas (linhas duplas: 0,4 x 0,2; 0,5 x 0,2; 0,6 x 0,2; 0,7 x 0,2 m e espaçamento simples entre linhas como testemunha: 0,7 m) e cinco densidades de plantio (50.000; 65.000; 80.000; 95.000; 110.000 plantas ha⁻¹). As unidades experimentais foram constituídas de quatro linhas de 5 metros de comprimento, sendo a área útil composta pelas duas linhas centrais por 3 metros de comprimento. No estádio V12 foram avaliados os caracteres altura de plantas e diâmetro de colmo. No estádio R5 foram avaliadas a altura de plantas, diâmetro de colmo, altura de inserção da primeira espiga, índice de espigas e população final de plantas. Os componentes de rendimento avaliados foram o comprimento de espiga, número de fileiras de grãos por espiga, massa de 1000 grãos e produtividade. A colheita do milho foi realizada manualmente, sendo os grãos processados por trilhadora estacionária. Os dados de produtividade tiveram índices corrigidos a 13% de umidade. Os dados obtidos foram tabulados e submetidos às análises de variância para avaliação dos efeitos dos fatores espaçamentos entre linhas e densidades de plantas e sua interação utilizando o software Genes. Para avaliar os efeitos dos espaçamentos linhas duplas e o contraste entre linhas duplas e testemunha (linha simples), as médias foram comparadas pelo teste “T” a 5% de probabilidade. Quando a interação entre os espaçamentos linhas dupla e população de plantas foi significativa, os dados foram submetidos à análise em superfície de resposta. O aumento da densidade populacional provocou diminuição no diâmetro de colmo, no índice de espigas, número de fileiras por espigas, comprimento de espiga e produtividade. O espaçamento entre linhas influenciou significativamente a altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga e produtividade, onde os maiores resultados obtidos no espaçamento simples. Independente da população de plantas utilizada, o índice de espigas e diâmetro do colmo foram maiores no espaçamento linha dupla. A produtividade de grãos respondeu de forma linear negativa para o aumento da densidade de plantas, indicando que o híbrido SUPERIS possui baixa adaptabilidade para altas populações.

Palavras-chave: *Zea mays*. Arranjo de plantas. Componentes de rendimento.

ABSTRACT

MIOTTO JÚNIOR, E. Development and productivity of maize under plant densities and spacings between single and double lines. 65f. Dissertation (MSc in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Area of Concentration: Vegetable Production), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2014.

In the last years, maize (*Zea mays*) has received great valuation by the farmers from a mere culture intended for the program of crop rotation, to an agricultural commodity. Among the main factors that have been influencing the increase of planted area and crop progress are the use of most productive materials, better plant arrangement from the used cultivar, reduction of space between lines and / or increasing population density. In this context, this study aims to assess the development and productivity of maize under plant densities and spacings between single and double lines. The experiment was conducted in the city of São João, PR on private property. The experimental design was a randomized complete block design with four replications in bifactorial scheme 5 x 5, consisting in five row widths (double rows: 0,4 x 0,2; 0,5 x 0,2; 0,6 x 0,2; 0,7 x 0,2 m and single row width to be the control: 0,7 m) and five plant densities (50.000; 65.000; 80.000; 95.000; 110.000 plants ha⁻¹). The experimental units were composed of four rows of 5 meters length, with the usable area composed of the two central rows by 3 meters long. At V12 stage the characters plant height and stem diameter were evaluated. At R5 stage were evaluated height of plants, stem diameter, insertion height of first ear, ears index and final plants population. The yield components evaluated were ear length, number of seed rows per ear, 1000 seeds weight and yield. The harvest was made manually, the seeds were processed by a stationary threshing. Productivity data were corrected with index to 13% of moisture. Data were tabulated and submitted to analysis of variance to assess the effects of the factors row widths and plant densities and their interaction using the Genes software. To evaluate the effects of double row spacings and the contrast between double rows and the control (Single Row), the means were compared by “T” test at 5% probability. When the interaction between the double row spacings and plant population was significant, the data were analyzed on the surface response. The increase in population density promoted reduction in stem diameter, the ears index, number of rows per ear, ear length and productivity. The space between lines significantly influenced the plant height, insertion height of first ear and productivity, where higher results were found in single spacing. Independent of plant population used the spike index and stem diameter were higher in double line spacing. Grain yield responded negatively linearly to the increase of density, indicating that the hybrid SUPERIS has poor adaptability to high populations.

Keywords: *Zea mays*. Plant arrangement. Yield components.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1- IMAGEM ILUSTRATIVA DO ARRANJO DE PLANTAS EM ESPAÇAMENTO LINHAS DUPLAS NA CULTURA DO MILHO.....	23
FIGURA 2 VISTA GERAL DA ÁREA EXPERIMENTAL UTILIZADA PARA A IMPLANTAÇÃO DO EXPERIMENTO. SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	25
FIGURA 3 - DADOS METEOROLÓGICOS REFERENTES A TEMPERATURA DO AR (MÁXIMA, MÍNIMA E MÉDIA) E PRECIPITAÇÃO PLUVIAL ACUMULADA, REGISTRADOS DURANTE O PERÍODO DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	26
FIGURA 4 - DADOS METEOROLÓGICOS REFERENTES A UMIDADE RELATIVA MÉDIA E VELOCIDADE MÉDIA DO VENTO, REGISTRADOS DURANTE O PERÍODO DE CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	27
FIGURA 5 - PERCENTAGEM DOS VALORES DE K, MG, CA, E H+AL EM RELAÇÃO A CTC, NA CAMADA DE 0 A 0,2 M DE PROFUNDIDADE. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	28
FIGURA 6 - CROQUI DA ÁREA EXPERIMENTAL COM A DISTRIBUIÇÃO DOS TRATAMENTOS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	30
FIGURA 7 - ESQUEMA DA PARCELA EXPERIMENTAL NO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS SIMPLES. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	32
FIGURA 8 - ESQUEMA DA PARCELA EXPERIMENTAL NO ESPAÇAMENTO LINHAS DUPLAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	32
FIGURA 9 - VISTA GERAL DA OPERAÇÃO DE ABERTURA DOS SULCOS DE PLANTIO NA ÁREA EXPERIMENTAL. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	33
FIGURA 10 - A) VISTA GERAL DA OPERAÇÃO DE PLANTIO DA CULTURA DE MILHO COM A UTILIZAÇÃO DE MATRACAS. B) MECANISMO DE REGULAGEM PARA ESPAÇAMENTO ENTRE AS SEMENTES. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	33
FIGURA 11 - ALTURA DE PLANTAS DA CULTURA DO MILHO EM R5 (M) EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA^{-1}) E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DUPLAS (CM). SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	39
FIGURA 12 - DIÂMETRO DO COLMO DE PLANTAS DE MILHO EM V12 (MM), EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA^{-1}) EM DOIS ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS (SIMPLES E DUPLAS). SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	41
FIGURA 13 - DIÂMETRO DO COLMO EM V12 DE PLANTAS DE MILHO (MM) EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA^{-1}) E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DUPLAS (CM). SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	43
FIGURA 14 - ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA DE MILHO (M) EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA^{-1}) E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DUPLAS. SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	

.....	45
FIGURA 15 - ÍNDICE DE ESPIGAS DE MILHO, EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA ⁻¹) EM DOIS ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS (SIMPLES E DUPLAS). SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	48
FIGURA 16 - ÍNDICE DE ESPIGAS DE PLANTAS DE MILHO EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA ⁻¹) E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS (CM). SÃO JOÃO - PR (2012/2013).	49
FIGURA 17 - NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGA DE MILHO EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA ⁻¹) E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DUPLAS (CM). SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	52
FIGURA 18 - COMPRIMENTO DE ESPIGA DE MILHO (CM), EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA ⁻¹). SÃO JOÃO - PR (2012/2013).	53
FIGURA 19 - MASSA DE 1000 GRÃOS DE MILHO (G), EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS (PLANTAS HA ⁻¹). SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	55
FIGURA 20 - PRODUTIVIDADE MÉDIA DA CULTURA DO MILHO (TON HA ⁻¹), EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS DUPLAS (CM). SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL NA CAMADA DE 0 A 0,2 M DE PROFUNDIDADE, OBSERVADA ANTES DA REALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	28
TABELA 2 - RELAÇÃO E DESIGNAÇÃO DOS TRATAMENTOS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	31
TABELA 3 - FONTES DE VARIAÇÃO, GRAUS DE LIBERDADE E QUADRADO MÉDIO DOS CARACTERES ALTURA DE PLANTAS EM V12 (APV), ALTURA DE PLANTAS EM R5 (APR), DIÂMETRO DO COLMO EM V12 (DCV), DIÂMETRO DO COLMO EM R5 (DCR) E ALTURA DE INSERÇÃO DE ESPIGA (AIE) EM FUNÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS E DAS POPULAÇÕES DE PLANTAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	36
TABELA 4 - VALORES MÉDIOS DA ALTURA DE PLANTAS (M) DA CULTURA DO MILHO NOS ESTÁDIOS DE V12 (APV) E R5 (APR) EM FUNÇÃO DOS ARRANJOS ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	37
TABELA 5 - ESTIMATIVAS DA ALTURA DE PLANTAS DE MILHO EM R5 (M) EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	38
TABELA 6 - VALORES MÉDIOS DO DIÂMETRO DO COLMO (MM) DA CULTURA DO MILHO NOS ESTÁDIOS V12 (DCV) E R5 (DCR) EM FUNÇÃO DOS ARRANJOS ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	40
TABELA 7 - ESTIMATIVAS DO DIÂMETRO DO COLMO DE PLANTAS DE MILHO EM V12 (MM) EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	42
TABELA 8 - VALORES MÉDIOS DA ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA (M) DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DOS ARRANJOS ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	44
TABELA 9 - ESTIMATIVAS DA ALTURA DE INSERÇÃO DA PRIMEIRA ESPIGA DE MILHO (M) EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	45
TABELA 10 - FONTES DE VARIAÇÃO, GRAUS DE LIBERDADE E QUADRADO MÉDIO PARA O ÍNDICE DE ESPIGAS (IE), NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGAS (NFE), COMPRIMENTO DE ESPIGA (CE), MASSA DE 1000 GRÃOS (MMG) E PRODUTIVIDADE (PR) EM FUNÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ENTRE LINHAS E DAS POPULAÇÕES DE PLANTAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	46
TABELA 11 - VALORES MÉDIOS DO ÍNDICE DE ESPIGAS DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DOS ARRANJOS ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	47
TABELA 12 - ESTIMATIVAS DO ÍNDICE DE ESPIGAS DE MILHO EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO - PR (2012/2013).....	49

TABELA 13 - VALORES MÉDIOS DO NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGAS DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DOS ARRANJOS ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).	50
TABELA 14 - ESTIMATIVAS DO NÚMERO DE FILEIRAS POR ESPIGA DE MILHO EM FUNÇÃO DA POPULAÇÃO DE PLANTAS E DO ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO - PR (2012/2013).	51
TABELA 15 - VALORES MÉDIOS DO COMPRIMENTO DE ESPIGAS (CM) DE MILHO EM FUNÇÃO DOS ARRANJOS ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	53
TABELA 16 - VALORES MÉDIOS DA MASSA DE 1000 GRÃOS DA CULTURA DO MILHO EM FUNÇÃO DOS ARRANJOS ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	54
TABELA 17 - VALORES MÉDIOS DA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO MILHO (TON HA-1) EM FUNÇÃO DOS ARRANJOS ENTRE LINHAS. SÃO JOÃO – PR (2012/2013).....	56

LISTA DE SIGLAS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
PR	Unidade da Federação – Paraná
USA	United States of America
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

<i>Bt</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Cfa	Clima temperado úmido com verão quente
cm	Centímetros
CO ₂	Gás carbônico
CTC	Capacidade de Troca de Cátions
YG	Yieldgard
g	Gramas
G.D	Graus dias
H	Herculex
ha	Hectares
K	Potássio
Kg	Quilogramas
L	Litros
m	Metros
mm	Milímetros
N	Nitrogênio
P	Fósforo
R	Reprodutivo
RR	Roundup Ready [®]
S	Sul
V	Vegetativo
W	Oeste

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO MILHO	18
2.2 DENSIDADE POPULACIONAL.....	19
2.3 ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS	21
2.4 SISTEMA TWIN-ROW OU LINHAS DUPLAS	22
3 MATERIAL E METODOS.....	25
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	25
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS.....	26
3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO	27
3.5 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	29
3.6 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	33
3.7 AVALIAÇÕES.....	34
3.8 ANÁLISE DOS DADOS	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1 DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CULTURA DO MILHO.....	36
4.1.1 Altura de plantas em V12 e R5	37
4.1.2 Diâmetro de colmo em V12 e R5.....	40
4.2 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA.....	46
4.2.1 Índice de espigas	47
4.2.3 Comprimento de espiga.....	52
4.2.4 Massa de 1000 grãos	54
4.2.5 Produtividade da cultura.....	55
5 CONCLUSÕES.....	58
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos o milho (*Zea mays* L.) tem sido valorizado cada vez mais pelos produtores, passando de apenas uma cultura destinada a rotação de culturas, para uma commodity agrícola. Sendo utilizada na alimentação humana e animal, e também como matéria-prima para a produção de etanol. A maior destinação do milho é para a produção de ração para a avicultura, bovinocultura e suinocultura.

O milho é uma cultura sensível à variação no arranjo espacial e na densidade de plantas. Muitos estudos giram em torno dessa cultura, tanto na questão genética quanto no que diz respeito as alternativas de manejo. Por se tratar de uma cultura com baixa capacidade prolifera, qualquer mudança no arranjo espacial e/ou na densidade de plantas pode afetar negativamente a produtividade.

Com os avanços da pesquisa na área de biotecnologia teve-se um ganho na capacidade de rendimento da cultura do milho. Materiais adaptados para cada região de cultivo, introdução de genes como o *Bt* e o *RR*. Além dessas características, outro fator de extrema importância para a elevação dos patamares produtivos é a utilização do arranjo de plantas mais adequado ao híbrido a ser utilizado, redução do espaçamento entre linhas e/ou aumento da densidade populacional.

A utilização do espaçamento reduzido entre as plantas, além de contribuir na interceptação da radiação solar, possibilita também maior distribuição com melhor aproveitamento dos nutrientes disponíveis. Desta forma, a densidade populacional favorece a rentabilidade com baixos custos adicionais.

Neste contexto, o uso do espaçamento de linhas duplas ou gêmeas (Sistema Twin Row) tem sido utilizado com o objetivo de melhorar o arranjo entre as plantas, possibilitando o aumento da densidade populacional sem afetar o rendimento de grãos. Neste tipo de arranjo, as plantas estão dispostas de maneira equidistantes umas das outras, o que possibilita melhor aproveitamento da área e, diminuição da competição entre plantas por água, luz e nutrientes, tanto na linha quanto na entrelinha de plantio.

Diante do exposto, propôs-se avaliar o desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob diferentes espaçamentos entre linhas e densidades de plantas em arranjo simples e duplo, em sistema de plantio direto.

Os objetivos específicos consistiram em:

- Comparar os componentes de rendimento da cultura para os diferentes arranjos de densidade e espaçamento de plantas;
- Identificar a combinação entre o espaçamento entre linhas e densidade de plantas que proporcione o melhor desenvolvimento e produtividade da cultura.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO MILHO

O milho é uma cultura anual pertencente à família *Poaceae*. Para se desenvolver, necessita de calor e umidade adequada, uma vez que é uma cultura de origem tropical. Em regiões de clima subtropical, os fatores ambientais como as variações na disponibilidade térmica e de radiação solar, exercem grande influência sobre o desenvolvimento fenológico da cultura. A temperatura do ar é o elemento meteorológico que melhor explica a duração dos períodos de desenvolvimento desta cultura, havendo relação linear entre a duração destes períodos e o desenvolvimento da planta (LOZADA; ANGELOCCI, 1999).

A oscilação dentro dos limites extremos tolerados pela planta de milho, está compreendido entre 10 e 30°C. Abaixo de 10°C, o crescimento da planta é quase nulo e, sob temperaturas acima de 30°C durante a noite, o rendimento de grãos decresce (EMBRAPA, 2008).

Segundo Rezende et al. (2004), quando as temperaturas médias durante o período de crescimento são superiores a 20°C, o ciclo dos genótipos precoces varia de 80 a 110 dias, enquanto que o ciclo dos genótipos médios variam de 110 a 140 dias para atingir a fase de maturidade fisiológica. No entanto, quando as temperaturas médias são inferiores a 20°C, o ciclo aumenta de 10 a 20 dias para cada 0,5°C de diminuição de temperatura, dependendo do híbrido, ressaltando que a 15°C o ciclo da cultura do milho varia de 200 a 300 dias.

A planta de milho para se desenvolver precisa acumular energia, a qual é obtida através da soma térmica necessária para cada etapa do ciclo da planta, desde o plantio até o florescimento masculino. O somatório térmico é calculado através das temperaturas máximas e mínimas diárias, sendo 30 e 10°C, respectivamente (EMBRAPA, 2008). Segundo essa mesma entidade, as cultivares normais apresentam exigências térmicas de 890 a 1200 graus-dias acumulados (G.D.), as precoces de 831 a 890 e as superprecoces de 780 a 830 G.D.

De acordo com Salisbury e Ross (1994), o milho, por ser uma planta tipo C4, apresenta características fisiológicas favoráveis de acordo com a eficiência da conversão do gás carbônico da atmosfera em compostos orgânicos como carboidratos. Isso ocorre porque no processo fotossintético destas plantas o CO₂ é continuamente concentrado nas células da bainha vascular

das folhas (fonte), sendo redistribuído para locais onde serão estocados ou metabolizados (dreno). Esta relação fonte-dreno pode ser alterada pelas condições de solo, clima, estágio fisiológico e nível de estresse da cultura.

A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado pela divisão da produção em duas épocas de semeadura. As semeaduras de verão, ou primeira safra, são realizadas na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto, na região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste. Mais recentemente, tem-se aumentado à produção obtida na chamada safrinha, ou segunda safra. A safrinha refere-se ao milho de sequeiro, semeado extemporaneamente, de janeiro a abril, quase sempre depois da soja precoce, com predomínio na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo (DEMÉTRIO, 2008).

Segundo o levantamento realizado no mês de janeiro para a safra 2013/2014 pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), a área total semeada nessa safra deve ficar em torno de 15,5 milhões de hectares, 2,0% a menos que o registrado na safra anterior. Seguindo a estimativa de 5.095 Kg ha⁻¹ de produtividade, a produção nacional está estimada em 78,9 milhões de toneladas, redução de 2,5% em relação ao ano anterior, a qual foi de 81 milhões de toneladas.

O Paraná foi o estado que apresentou a maior redução de área plantada na primeira safra, passando de 3,04 milhões de hectares no exercício anterior para 2,84 milhões de hectares nessa safra, redução de 6,8%. Ainda, segundo os dados da CONAB, a estimativa de produção para o Estado do Paraná somando a primeira e a segunda safra, é de 16,11 milhões de toneladas, redução de 8,7% em relação ao exercício anterior, o qual foi de 17,64 milhões de toneladas.

A redução da área plantada na safra 2013/2014 foi devido ao baixo preço do cereal na época da campanha de vendas dos produtos e sementes, preço esse que se manteve baixo até a época de plantio. Essa diminuição na área plantada resultou em expressiva redução na produção de cereal no estado do Paraná, afetando o estoque nacional.

2.2 DENSIDADE POPULACIONAL

A densidade de plantas tem grande interferência na produção de milho, já que pequenas alterações na população implicam modificações relativamente expressivas no rendimento de

grãos (BRACHTVOGEL et al., 2009). Essa resposta está associada ao fato de que a espécie *Zea mays* (L.) não possui um mecanismo de compensação de espaços tão eficiente quanto o mecanismo de outras espécies da família *Poaceae*, pois raramente perfilha efetivamente e, por apresentar capacidade limitada de expansão foliar e prolificidade (ANDRADE et al., 1999). A determinação da densidade ótima depende de diversos fatores, relacionados ao genótipo, ao ambiente e ao manejo da cultura (SANGOI e SILVA, 2006).

O incremento na densidade de plantas é uma das formas mais fáceis e eficientes de se aumentar a interceptação da radiação solar incidente pela comunidade de plantas de milho. No entanto, o uso de densidades muito elevadas pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência da conversão de fotoassimilados em produção de grãos (MARCHÃO et al., 2006), principalmente no estágio de florescimento da cultura (PEIXOTO, 2006). Em consequência disso, há um aumento de esterilidade feminina e redução do número de grãos por espiga e do rendimento de grãos (PEREIRA et al., 2008; MARCHÃO et al., 2006).

Segundo Sangoi et al. (2001a) híbridos com menor exigência de calor para florescer, necessitam de maiores densidades de plantas para otimizarem seu potencial produtivo. Isso ocorre porque a precocidade está correlacionada com a redução na estatura de planta e na área foliar, devido a isso, materiais mais precoces necessitam de maiores densidades para gerar um índice de área foliar capaz de potencializar a interceptação da radiação solar.

Marchão et al. (2005), avaliando vários híbridos de milho, cultivados em diferentes densidades populacionais (40.000, 53.000, 71.000, 84.000 e 97.000 plantas ha⁻¹) sob espaçamento reduzido (0,45 m), encontraram que o rendimento de grãos é significativamente influenciado pela densidade de plantas, sendo que as maiores produtividades dos híbridos avaliados foram alcançadas com densidades acima de 70.000 plantas ha⁻¹.

Argenta et al. (2001) analisando dois híbridos de milho semeados em quatro espaçamentos entre linhas (0,4, 0,6, 0,8, e 1,0 m) e duas populações (50.000 e 60.000 plantas ha⁻¹), concluíram que o rendimento de grãos é influenciado pela redução do espaçamento entre linhas e pela densidade de plantas. Esse incremento é decorrente de uma melhor distribuição de plantas na linha, sendo verificado principalmente em híbridos de ciclo superprecoce.

Silva et al. (2008) avaliando a influência da população de plantas (40.000, 50.000, 60.000, 70.000 e 80.000 plantas ha⁻¹) e do espaçamento entre linhas (0,5, 0,6 e 0,8 m) nos caracteres agrônômicos do híbrido de milho P30K75, observaram que os maiores rendimentos de grãos foram obtidos com o aumento da população de plantas.

Avaliando híbridos de milho, FORT e AGN 30A00 nos espaçamentos de 0,80 e 0,40 m e submetidos às populações de 60.000 e 70.000 plantas ha⁻¹, Pereira et al. (2008) observaram

que as práticas de manejo (redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional) separadas não apresentaram aumento de rendimentos, porém, quando associadas apresentaram incrementos na produtividade de grãos. Já Coulter et al. (2010) realizando estudos nos estados de Illinois e Iowa - USA, observaram que o aumento da população de plantas proporcionou aumento na produtividade e grãos, com a população ideal de 79.800 a 83.800 plantas ha⁻¹.

2.3 ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS

Dentre as diversas práticas de manejo, a escolha do espaçamento entre linhas de semeadura e o número de plantas adequado por área são de extrema importância, por determinarem melhor aproveitamento de fatores abióticos como água, luz e nutrientes, para que a cultura possa expressar todo o seu potencial fisiológico (PENARIOL et al., 2003).

As adoções de espaçamento reduzido e de maior densidade de plantas na cultura do milho já vêm sendo estudado há muito tempo, porém, apenas recentemente vem sendo adotada de forma mais ampla pelos agricultores (KAPPES, 2010). Para Kappes (2010) e Balbinot e Fleck (2005) o espaçamento reduzido também proporciona maior operacionalidade aos agricultores que trabalham com soja, milho e feijão, pois as semeadoras não necessitam de serem alteradas na mudança de cultivo. Essa vantagem torna-se importante para agricultores que possuem apenas uma semeadora e necessitam semear milho, soja e feijão em curto período de tempo. Outra vantagem do espaçamento reduzido é a distribuição dos fertilizantes em maior quantidade de metros lineares por hectare, o que melhora o aproveitamento dos nutrientes (BALBINOT e FLECK, 2005).

Considerando a arquitetura dos híbridos modernos, que possuem menor altura de plantas e de inserção das espigas, menor angulação de folhas, maior potencial produtivo, menor número de folhas, folhas mais eretas e menor área foliar, minimizando a competição por luz, a redução do espaçamento pode ser uma prática adequada (ARGENTA et al., 2001), além de permitir a utilização de uma maior população de plantas (KAPPES, 2010). A utilização do espaçamento reduzido traz várias vantagens, uma delas é o aumento da distância entre as plantas na linha, propiciando um arranjo mais equidistante dos indivíduos na área de cultivo, reduzindo a competição entre plantas por água, luz e nutrientes (PORTER et al., 1997).

A distribuição equidistante das plantas proporciona aumento da área foliar e com isso maior interceptação da radiação solar. A maior interceptação da radiação resulta na redução da perda de água por evaporação, porém ocorre aumento da área foliar exposta a radiação, podendo aumentar a transpiração da planta, fato esse que pode ser compensado pela maximização da distribuição da fotossíntese na planta, compensando assim a perda de água pela transpiração (NOVACEK, 2011). A maior uniformidade de plantio devido ao espaçamento reduzido gera maior aproveitamento do solo pelo sistema radicular das plantas de milho, diminuindo a competição entre plantas e possibilitando maior aproveitamento de luz, água e nutrientes, pois o espaçamento entre plantas é mais preciso (CLARKE, 2012). Gonçalves (2008) analisando as variáveis biométricas, altura de planta e altura de inserção da primeira espiga, observou que a altura para ambas as variáveis foi cerca de 9,20% superior nos espaçamentos de 0,45 e 0,68 m quando comparado com o espaçamento de 0,9 m. Alvarez et al. (2006), avaliando o comportamento de híbridos de milho de diferentes arquiteturas foliares, submetidos a dois espaçamentos entre linhas (0,7 e 0,9 m) e duas densidades populacionais (55.000 e 75.000 plantas ha⁻¹), em dois anos agrícolas, também observaram incremento na estatura das plantas com a redução no espaçamento. Entretanto, Demétrio (2008) avaliando dois híbridos simples submetidos a três espaçamentos entre linhas (0,4, 0,6 e 0,8 m) e quatro densidades populacionais (30.000, 50.000, 70.000 e 90.000 plantas ha⁻¹), observou que a estatura da planta e a altura de inserção da primeira espiga não foram influenciadas pela redução do espaçamento, porém, a produtividade dos grãos foi influenciada positivamente com a redução no espaçamento.

2.4 SISTEMA TWIN-ROW OU LINHAS DUPLAS

Uma configuração alternativa que tem mostrado melhora no rendimento de grãos de milho é o sistema de plantio Twin-Row ou linhas duplas (KARLEN et al., 1987). Nesse sistema, se divide a população de plantas de uma linha em duas linhas, escalonada em 20 centímetros de distância (GREAT PLAINS, 2011), resultando na distribuição de plantas em 20 x 56 x 20 centímetros (NOVACEK, 2011) (Figura 1).

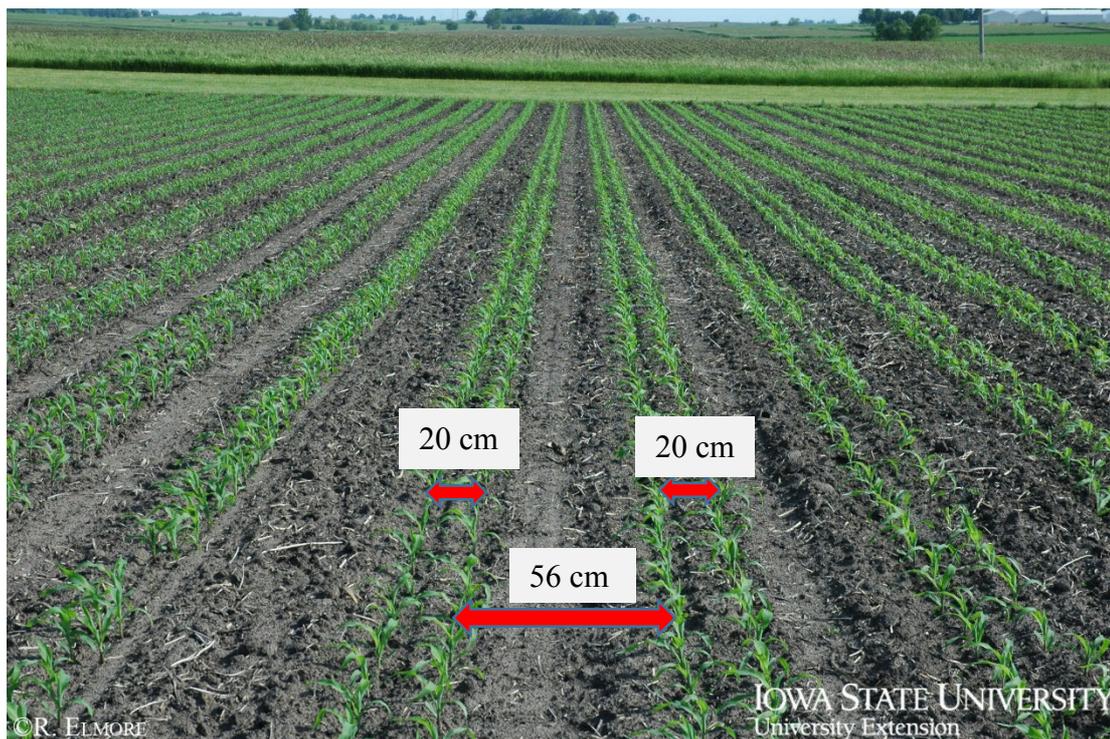


Figura 1- Imagem ilustrativa do arranjo de plantas em espaçamento linhas duplas na cultura do milho.

Fonte: Iowa State University (2011).

A utilização de espaçamento em linhas duplas aumenta a área de cultivo, o que resulta em maior crescimento da raiz. O fator limitante nos sistemas de linha simples, para o crescimento das raízes de milho é a raiz de outra planta de milho, pois quando elas se encontram o crescimento cessa. Ao reduzir o espaçamento entre linhas, a distância entre plantas na linha se torna maior, proporcionando maior desenvolvimento das raízes, maximizando assim a absorção de água e nutrientes (GREAT PLAINS, 2013).

A redução da concorrência na linha promove melhor desenvolvimento das plantas, aumentando a capacidade de rendimento (KARLEN et al., 1987), pois o milho que é plantado em fileiras duplas tem espaçamentos mais equidistante. Logo, tem potencial maior para o acesso à água e nutrientes, aumento da interceptação de luz e maior capacidade de lidar com situações de estresse. A escolha correta da população de plantas e do espaçamento entre linhas podem ajudar a maximizar o potencial de rentabilidade da cultura (MONSANTO, 2009).

Segundo Balem (2013), a vantagem do sistema Twin-row é o aumento do número de plantas por unidade de área sem afetar as variáveis fitotécnicas. Segundo o autor, o plantio nesse tipo de configuração promove uma distribuição mais equidistante das plantas do que no plantio com espaçamento convencional ou simples.

Cox et al. (2006) trabalhando com configurações de linhas duplas e simples não observaram diferença de altura média entre plantas no estágio V8 em ambos os arranjos testados, porém, constataram que a produção no espaçamento linhas duplas foi superior ao encontrado no espaçamento simples. Brian (2010) trabalhando com milho no vale do Shenandoah, na Virginia e Virginia Ocidental, observou um aumento de 12,5% no rendimento de grãos com o uso do espaçamento linha dupla em relação ao espaçamento simples. O autor atribuiu esse resultado a maior eficiência no uso da água e desenvolvimento mais rápido do dossel da planta proporcionado pelo espaçamento linha dupla.

Dados da AgriGold (2009), demonstram que o uso de espaçamento linhas duplas nos híbridos A6399VT3, A6533VT3, A6632VT3, A6489VT3 e A6639VT3, proporcionou ganho de produtividade de 330 Kg ha⁻¹ quando comparado com o espaçamento de 0,75 m. Para estes mesmos espaçamentos a população ideal para as linhas duplas ficou em 43 mil plantas ha⁻¹, enquanto que para o espaçamento de 0,75 m foi de 34 mil plantas ha⁻¹.

Balkcom et al. (2010) avaliando os híbridos Pioneer 31N27, Pioneer 31N26, Dekalb DK697 e Dekalb DKC 69-72, na densidade baixa (40.000 a 44.000 plantas ha⁻¹), densidade média (59.000 a 64.000 plantas ha⁻¹) e densidade alta (79.000 a 84.000 plantas ha⁻¹) em espaçamento de linhas duplas (0,19 x 0,76 m) e convencional (0,76 m), verificaram que o espaçamento de linhas duplas produziram 16% a mais que o espaçamento convencional nas maiores densidades de plantas, enquanto para as densidades médias a produtividade em relação a densidade convencional foi 10% maior.

3 MATERIAL E METODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na safra agrícola de 2012/2013, no Município de São João - PR, em propriedade particular, localizada na Linha Porto Velho, situada a aproximadamente 25°52'32" de latitude Sul e 52°47'58" de longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 620 m (Figura 2). A área utilizada para a instalação do experimento vem sendo cultivada em sistema de plantio direto há mais de quinze anos e esteve ocupada com soja na safra de verão 2011/2012. A cobertura do solo foi de azevém, o qual é oriundo de semeadura natural. A dessecação do azevém foi realizada 30 dias antes do plantio do milho, utilizando o herbicida Roundup (Glifosato) sob registro (n° 00898793), na dose 3,3 L ha⁻¹.



Figura 2 - Vista geral da área experimental utilizada para a implantação do experimento. São João - PR (2012/2013).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS

O clima predominante na região, segundo a classificação climática de Köppen é o tipo Cfa (Clima temperado úmido com verão quente), com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C e acima de 22°C no mês mais quente, com verões relativamente quentes, geadas frequentes e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A precipitação pluvial média anual é de 2080 mm distribuídas em 133 dias no ano, a temperatura média anual é de aproximadamente 18,8°C, a umidade relativa do ar média anual de 73,5% (Período: 1979 – 2013) (IAPAR, 2013).

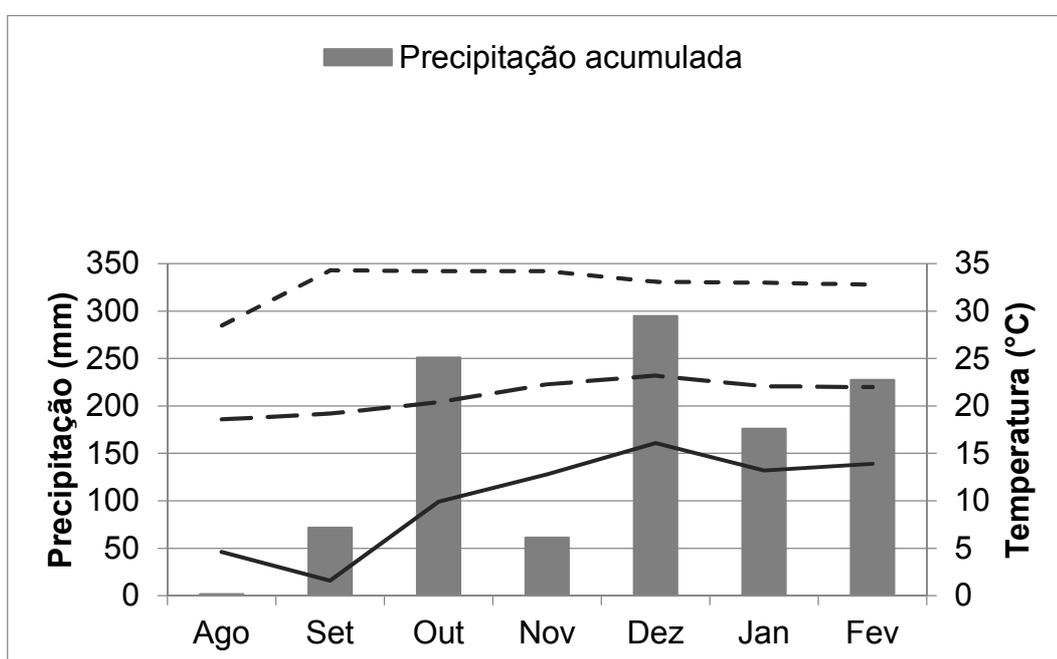


Figura 3 - Dados meteorológicos referentes a temperatura do ar (máxima, mínima e média) e precipitação pluvial acumulada, registrados durante o período de condução do experimento. São João – PR (2012/2013).

Fonte: Instituto Tecnológico do Simepar (2013).

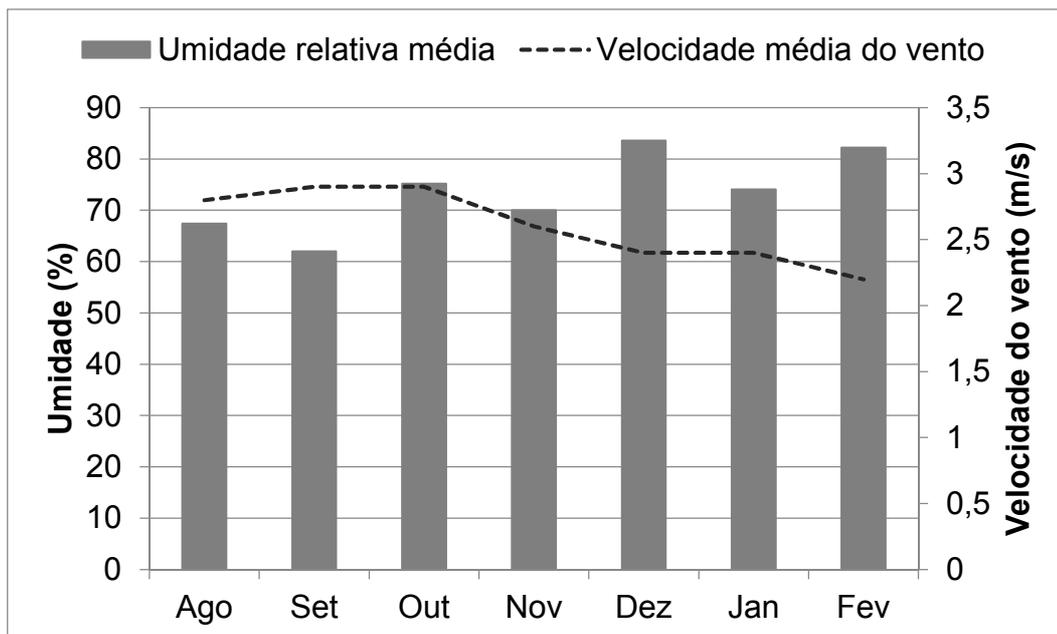


Figura 4- Dados meteorológicos referentes a umidade relativa média e velocidade média do vento, registrados durante o período de condução do experimento. São João – PR (2012/2013).

Fonte: Instituto Tecnológico do Simepar (2013).

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo predominante na área experimental, conforme a denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com textura muito argilosa (76,50% de argila, 8,00% de areia e 15,50% de silte).

Antes da instalação do experimento, foram realizadas amostragens do solo da área na camada de 0 a 0,2 m, para a análise química, conforme metodologia descrita pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Comissão de Química e Fertilidade do Solo (2004). As características químicas são apresentadas na Tabela 1 e Figura 5.

Tabela 1 - Características químicas do solo da área experimental na camada de 0 a 0,2 m de profundidade, observada antes da realização do experimento. São João – PR (2012/2013).

MO	P	K	Ca	Mg	SB	pH	Índice SMP
g dm ⁻³	-----mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----			CaCl ₂	
40,21	1,32	109,48	3,82	2,84	6,94	4,9	5,9

Al ³⁺	H+Al	V	Sat. Al	Cu	Fe	Zn	Mn
-----Cmol _c dm ⁻³ -----		(%)	(%)	-----cmol _c dm ⁻³ -----			
0,00	5,35	56,47	0,00	7,83	38,84	2,76	128,99

Legenda: MO – Matéria Orgânica; P – Fósforo; K – Potássio; Ca – Cálcio; Mg – Magnésio; SB – Soma de Bases; pH – pH em água; Al³⁺ – Alumínio; H – Hidrogênio; V% - Saturação por Bases; Cu – Cobre; Fe – Ferro; Zn – Zinco; Mn – Manganês.

Valor do CTC = 12,29

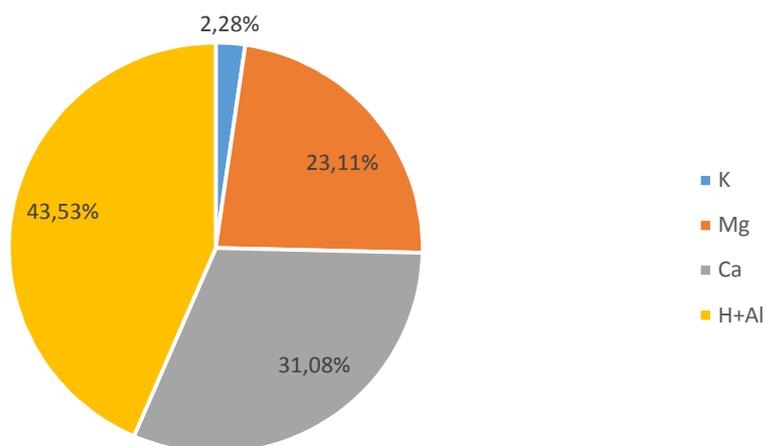


Figura 5 - Percentagem dos valores de K, Mg, Ca, e H+Al em relação a CTC, na camada de 0 a 0,2 m de profundidade. São João – PR (2012/2013).

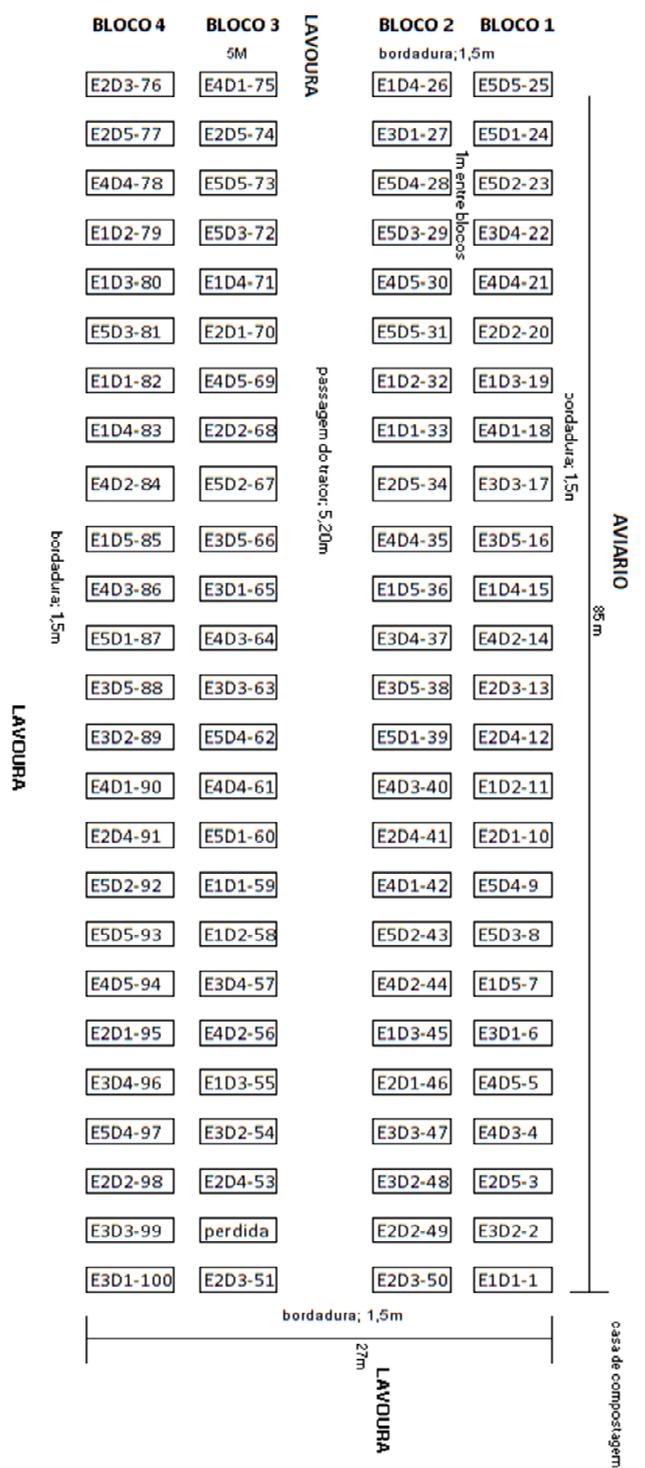
3.4 CARACTERIZAÇÃO DO HÍBRIDO

Foi utilizado o híbrido SUPERIS, o qual é caracterizado pela precocidade, elevado potencial produtivo, excelente sanidade foliar, bom enraizamento e qualidade de colmo, alta qualidade de grãos e estabilidade. Material de alto investimento, com plantio recomendado tanto para a safra normal, quanto para a safrinha. Possui a tecnologia VIPTERA, apresentando controle da

lagarta elasmó, lagarta do cartucho, broca da cana, lagarta da espiga e lagarta da rosca. População recomendada de plantio é de 60.000 a 65.000 plantas ha⁻¹. O material apresentava germinação mínima de 85% e pureza mínima das sementes de 98% (SYNGENTA, 2012).

3.5 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 5 x 5, com quatro repetições, totalizando 25 tratamentos e 100 unidades experimentais (Figura 6).



ESPAÇAMENTO (cm)	DENSIDADE (pl/há)	LARGURA PARCELA
E1	20X40	D1 50000 3,0m
E2	20X50	D2 65000 3,3m
E3	20X60	D3 80000 3,6m
E4	20X70	D4 95000 3,9m
E5	70	D5 110000 3,1m

Figura 6- Croqui da área experimental com a distribuição dos tratamentos. São João – PR (2012/2013).

Os tratamentos resultaram da combinação de cinco espaçamentos entre linhas (sendo quatro espaçamentos em linhas duplas e um espaçamento simples entre linhas) e cinco densidades de plantio (Tabela 2).

Tabela 2 - Relação e designação dos tratamentos. São João – PR (2012/2013).

Tratamentos	Espaçamento entre linhas	Espaçamentos (m)	População (plantas ha ⁻¹)
T1	linhas duplas	0,2 x 0,4	50.000
T2	linhas duplas	0,2 x 0,4	65.000
T3	linhas duplas	0,2 x 0,4	80.000
T4	linhas duplas	0,2 x 0,4	95.000
T5	linhas duplas	0,2 x 0,4	110.000
T6	linhas duplas	0,2 x 0,5	50.000
T7	linhas duplas	0,2 x 0,5	65.000
T8	linhas duplas	0,2 x 0,5	80.000
T9	linhas duplas	0,2 x 0,5	95.000
T10	linhas duplas	0,2 x 0,5	110.000
T11	linhas duplas	0,2 x 0,6	50.000
T12	linhas duplas	0,2 x 0,6	65.000
T13	linhas duplas	0,2 x 0,6	80.000
T14	linhas duplas	0,2 x 0,6	95.000
T15	linhas duplas	0,2 x 0,6	110.000
T16	linhas duplas	0,2 x 0,7	50.000
T17	linhas duplas	0,2 x 0,7	65.000
T18	linhas duplas	0,2 x 0,7	80.000
T19	linhas duplas	0,2 x 0,7	95.000
T20	linhas duplas	0,2 x 0,7	110.000
T21	linhas simples	0,7	50.000
T22	linhas simples	0,7	65.000
T23	linhas simples	0,7	80.000
T24	linhas simples	0,7	95.000
T25	linhas simples	0,7	110.000

As unidades experimentais foram constituídas de quatro linhas simples no espaçamento convencional (Figura 7) e de quatro linhas duplas no espaçamento linhas duplas (Figura 8), com 5,0 metros de comprimento. Para as avaliações e coleta dos dados, foi utilizada a área útil composta de 3,0 metros de comprimento e por duas linhas simples ou duplas centrais, conforme os tratamentos.

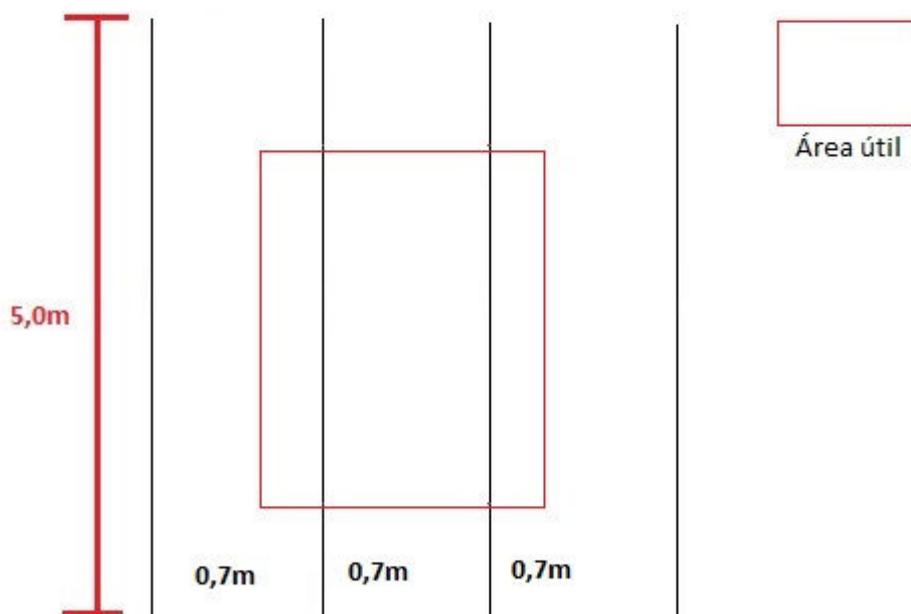


Figura 7 - Esquema da parcela experimental no espaçamento entre linhas simples. São João – PR (2012/2013).

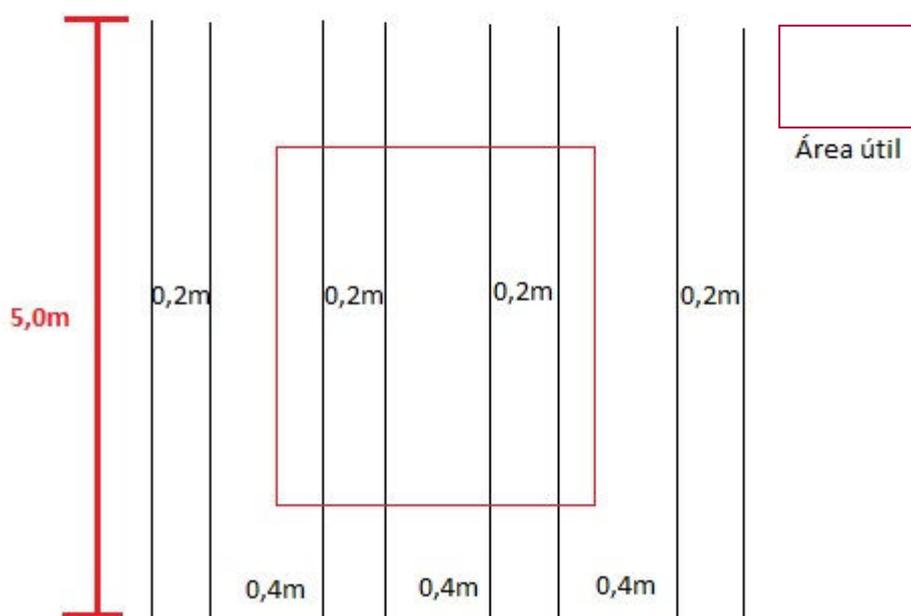


Figura 8 - Esquema da parcela experimental no espaçamento linhas duplas. São João – PR (2012/2013).

3.6 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A semeadura da cultura do milho foi realizada manualmente com profundidade média de 5,0 cm, no dia 27 de setembro de 2012. No momento da semeadura foi efetuada a abertura dos sulcos com enxadas e nos quais foram depositadas as sementes (Figuras 9 e 10). Foram semeados 15% a mais de sementes para garantir o estande desejado. Quando as plantas atingiram quatro folhas expandidas, foi efetuado o desbaste para obter o estande final desejado.



Figura 9 - Vista geral da operação de abertura dos sulcos de plantio na área experimental. São João – PR (2012/2013).



Figura 10 - A) Vista geral da operação de plantio da cultura de milho com a utilização de matracas. B) Mecanismo de regulação para espaçamento entre as sementes. São João – PR (2012/2013).

As adubações de base e de cobertura foram realizadas de forma manual, considerando o resultado da análise de solo e de acordo com o Manual de Adubação e Calagem para os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, visando uma produtividade média de 11.650 kg ha⁻¹. Na adubação de base foi utilizado 450 kg ha⁻¹ da formulação 12-32-18 (54 Kg de N;

150 Kg de P_2O_5 ; 84,2 Kg de K_2O). Para aplicação de nitrogênio em cobertura foi utilizado o fertilizante Yara Bella (27% de N), sendo aplicado 350 kg ha^{-1} ($96 \text{ Kg de N ha}^{-1}$) divididas em duas aplicações, uma no estágio V4 e a outra no estágio V6.

O manejo de plantas invasoras foi realizado utilizando-se o herbicida Herbimix (atrazina) sob registro (n° 0828705), na dose $4,2 \text{ L ha}^{-1}$ + Assist (óleo mineral) na dose $0,8 \text{ L ha}^{-1}$, quando o milho estava no estágio V4. Para o controle de pragas foi utilizado o inseticida Turbo (beta-ciflutrina) sob o registro (n° 09395), na dose $0,4 \text{ L ha}^{-1}$, quando o milho estava no estágio V4. Uma segunda aplicação foi realizada no estágio V8, com o mesmo inseticida e a mesma dose anterior.

3.7 AVALIAÇÕES

Foram avaliadas 10 plantas representativas da área útil de cada parcela experimental, sendo que todas as avaliações foram realizadas nas mesmas plantas.

A altura de plantas foi realizada nos estádios V12 e R5. Em V12, a altura foi mensurada a partir da superfície do solo à inserção da folha bandeira no colmo das plantas e em R5, através da distância média compreendida entre o nível do solo e a base do pendão. A altura de inserção da primeira espiga foi obtida pela distância média compreendida entre o nível do solo e a base da primeira espiga, no estágio R5. O diâmetro de colmo foi mensurado no terceiro entrenó da planta, a partir da superfície do solo, com auxílio de um paquímetro digital. A população final de plantas foi obtida através da contagem do número total de plantas na área útil de cada unidade experimental e transformado para unidade de área (plantas ha^{-1}).

Para avaliação dos componentes de rendimento, as plantas avaliadas foram identificadas, assim como suas respectivas espigas, sendo avaliada cada espiga com sua respectiva planta. O índice de espigas foi obtido através da divisão do número de espigas pelo número de plantas existentes na área útil de cada unidade experimental. Foram consideradas apenas espigas que apresentavam grãos formados. O número de fileiras de grãos por espiga foi determinado pela simples contagem nas 10 espigas identificadas na área útil de cada parcela experimental. O comprimento de espigas foi determinado medindo-se o comprimento da base da espiga ao seu ápice.

A colheita do milho foi realizada de forma manual, sendo os grãos processados por trilhadora estacionária. A avaliação da produtividade de cada área útil das unidades experimentais foi realizada por meio de pesagem em balança digital, corrigindo-se a umidade para 13% base úmida e posteriormente estimando-se a produtividade em $t\ ha^{-1}$. A pesagem foi realizada com auxílio de uma balança de mesa digital, com escala de 0,5 g. A determinação de umidade foi realizada com equipamento portátil marca Agratronix, modelo MTPro.

Após a debulha das espigas colhidas na área útil das parcelas, determinou-se a massa média de 1000 grãos. Aleatoriamente, foram coletadas quatro sub-amostras de cinquenta grãos por unidade experimental, as quais foram submetidas à pesagem em balança de precisão (0,01 g) e à determinação do teor de água, possibilitando estimar a massa dos grãos corrigida para 13% de teor de água. Os resultados foram extrapolados para massa de 1000 grãos.

3.8 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos às análises de variância para avaliação dos efeitos dos fatores espaçamentos entre linhas e densidades de plantas e sua interação utilizando o software Genes. Para avaliar os efeitos dos espaçamentos linhas duplas e o contraste entre linhas duplas e testemunha (linha simples), as médias foram comparadas pelo teste T a 5% de probabilidade. Quando a interação entre linhas duplas e população de plantas foi significativa, os dados foram submetidos à análise em superfície de resposta. Quando a interação entre o contraste de linhas duplas e testemunha (linha simples) e populações de plantas foi significativa, foi aplicado o teste de regressão polinomial. Para auxiliar na escolha dos modelos, foi considerado a significância dos coeficientes da equação de regressão ajustada, testados pelo teste “F” a 5%, bem como os valores do coeficiente de determinação (r^2) associado a cada modelo de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DESENVOLVIMENTO INICIAL DA CULTURA DO MILHO

Na Tabela 3 é apresentada a síntese da análise de variância para os parâmetros de desenvolvimento inicial da cultura do milho, onde se observa que o espaçamento entre linhas influenciou significativamente ($p < 0,01$) o caractere altura de plantas nos estádios V12 e R5 e altura de inserção da primeira espiga. A utilização dos espaçamentos linhas duplas influenciou significativamente somente a altura de plantas em R5 e a altura de inserção da primeira espiga. Nota-se também que o contraste entre o espaçamento simples (testemunha) e o espaçamento de linhas duplas para altura de planta em V12 e em R5, para o diâmetro de colmo em V12 e para a altura de inserção da primeira espiga foram significativos ($p < 0,01$).

Tabela 3 - Fontes de variação, graus de liberdade e quadrado médio dos caracteres altura de plantas em V12 (APV), altura de plantas em R5 (APR), diâmetro do colmo em V12 (DCV), diâmetro do colmo em R5 (DCR) e altura de inserção de espiga (AIE) em função dos espaçamentos entre linhas e das populações de plantas. São João – PR (2012/2013).

FV	GL	APV (m)	APR (m)	DCV (mm)	DCR (mm)	AIE (m)
Bloco	3	0,1087	0,0263	0,732	1,94	0,0130
Espaçamento (E)	4	0,0081**	0,0295**	0,903 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,0144**
Linha dupla (D)	3	0,0068 ^{ns}	0,0192**	0,741 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,0121**
Test (T) vs D	1	0,0119**	0,0605**	1,390**	0,02 ^{ns}	0,0213**
População (P)	4	0,0065 ^{ns}	0,0025 ^{ns}	52,448**	58,29**	0,0119**
D x P	12	0,0038 ^{ns}	0,0093**	1,620**	0,48 ^{ns}	0,0076**
(T vs D) x P	4	0,0043 ^{ns}	0,0030 ^{ns}	1,269**	0,35 ^{ns}	0,0021 ^{ns}
Resíduo	72	0,0070	0,0080	1,130	0,78	0,0050
Média geral		1,26	2,24	22,24	20,01	1,09
CV (%)		6,63	3,99	4,78	4,42	10,35

**e* significativo ($p < 0,01$) e significativo ($p < 0,05$), respectivamente, pelo teste F; ns não significativo ($p > 0,05$); CV: coeficiente de variação.

O fator população de plantas influenciou significativamente o diâmetro de colmo em V12 e R5 e a altura de inserção da primeira espiga. Observou-se ainda que ocorreu uma

interação significativa entre a população de plantas e os espaçamentos linhas duplas para os caracteres altura de plantas em R5, diâmetro de colmo em V12 e altura de inserção da primeira espiga. A interação do contraste entre o espaçamento simples versus duplos com a população de plantas foi significativo apenas para diâmetro do colmo em V12.

4.1.1 Altura de plantas em V12 e R5

Na Tabela 4 são apresentados os valores médios da altura de plantas em V12 e R5 em função dos espaçamentos entre linhas, onde se verifica que as maiores alturas de plantas em ambos os estádios foram obtidas no espaçamento simples (testemunha). Esse resultado pode estar atribuído a forma como as plantas são distribuídas em ambos os espaçamentos. No plantio de linhas simples, as plantas são distribuídas de maneira não equidistante quando comparado aos espaçamentos linhas duplas, aumentando dessa forma a competição intraespecífica na linha, induzindo as plantas a crescerem em busca de luz (SANGOI et al., 2010a).

Tabela 4 - Valores médios da altura de plantas (m) da cultura do milho nos estádios de V12 (APV) e R5 (APR) em função dos arranjos entre linhas. São João – PR (2012/2013).

Arranjo entre linhas	APV12 (m)	APR5 (m)
Linhas duplas	1,26 b	2,23 b
Linhas simples	1,29 a	2,29 a
Média geral	1,26	2,24

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T.

Segundo Argenta et al. (2001a) e Alvarez et al. (2006) há uma tendência natural de aumento na altura de plantas em situações de alta competição por luz. Demétrio (2008) avaliando dois híbridos simples submetidos a três espaçamentos entre linhas (0,4; 0,6 e 0,8 m) e quatro densidades populacionais (30.000; 50.000; 70.000 e 90.000 plantas ha⁻¹), observou que a altura da planta não foi influenciada pela redução do espaçamento entre linhas, resultado esse que difere com os dados encontrados nesse trabalho.

Na Tabela 5 são apresentados os valores médios da estimativa da altura de plantas de milho no estádio R5 (m). Na Figura 11 é apresentado a superfície de resposta tridimensional

ajustada de acordo com o modelo polinomial de regressão, estimada em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas. Observa-se que a redução do espaçamento entre linhas e da população de plantas proporcionou menores alturas de planta e, que as maiores alturas foram obtidas no espaçamento entre linhas de 0,7 m e nas populações entre 65.000 e 85.000 plantas ha⁻¹. Esse resultado se justifica, pois quando se aumenta o espaçamento entre linhas, necessariamente tem-se que aumentar o número de plantas na linha de plantio, para manter constante uma mesma população de plantas e, esse aumento de plantas na linha provoca de maneira natural um estiolamento das plantas em busca de luz. Segundo Demétrio et al. (2008) maior população de plantas pode aumentar a competição entre as plantas e proporcionar o seu estiolamento.

Tabela 5 - Estimativas da altura de plantas de milho em R5 (m) em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas. São João - PR (2012/2013).

População de plantas x 1000	Espaçamento entre linhas duplas (cm)						
	40	45	50	55	60	65	70
50	2,18	2,19	2,20	2,22	2,23	2,25	2,27
55	2,19	2,21	2,21	2,22	2,24	2,25	2,27
60	2,19	2,21	2,21	2,23	2,24	2,26	2,27
65	2,20	2,21	2,22	2,23	2,24	2,26	2,28
70	2,20	2,21	2,22	2,23	2,25	2,26	2,28
75	2,21	2,21	2,22	2,23	2,25	2,26	2,28
80	2,21	2,22	2,22	2,24	2,25	2,26	2,28
85	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,28
90	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26	2,27
95	2,21	2,22	2,22	2,23	2,25	2,26	2,27
100	2,21	2,21	2,22	2,23	2,24	2,26	2,27
105	2,21	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26
110	2,20	2,21	2,22	2,23	2,24	2,25	2,26

O modelo de superfície de resposta estimado, usando as médias dos tratamentos para a variável altura de plantas em R5, é apresentado na equação 1:

$$\text{APR} = 2,019 - 0,000028E + 0,0000325E^2 + 0,00366P - 0,0000168P^2 - 0,0000148EP \quad (1)$$

Ponto crítico: E = 22,9 cm; P = 98,8 (plantas ha⁻¹ * 1000)

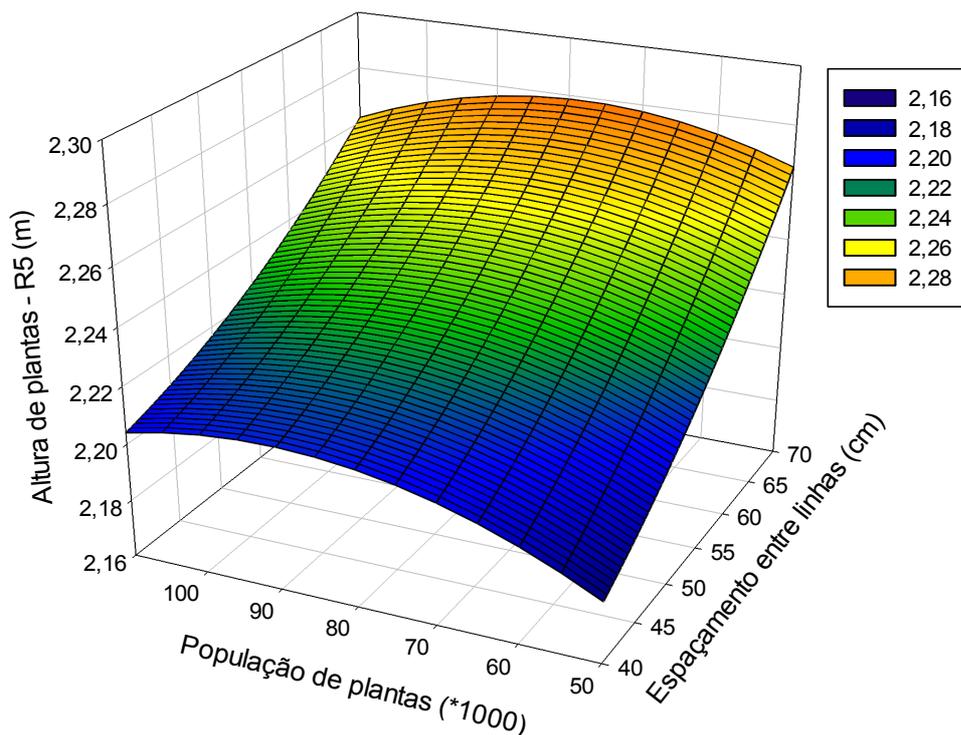


Figura 11 - Altura de plantas da cultura do milho em R5 (m) em função da população de plantas (plantas ha^{-1}) e do espaçamento entre linhas duplas (cm). São João - PR (2012/2013).

Neto et al. (2003) ao avaliarem o desempenho de três híbridos de milho em três densidades (30.000; 60.000 e 90.000 plantas ha^{-1}) em dois espaçamentos (0,40 e 0,80 m), observaram que houve aumento da altura de plantas dos três híbridos, com o aumento da densidade de plantas, independente do espaçamento utilizado. Já, Farinelli et al. (2012) ao avaliarem o desempenho de dois híbridos de milho em três densidades de plantio (40.000; 60.000 e 80.000 plantas ha^{-1}) e três espaçamentos entre linhas (0,4; 0,6 e 0,8 m), observaram maiores altura de plantas nos espaçamentos de 0,6 e 0,8 m, associado com as duas maiores densidades de plantio. Segundo os autores, esse resultado ocorreu em virtude da tendência natural do aumento na altura das plantas em situações de altas densidades populacionais.

4.1.2 Diâmetro de colmo em V12 e R5

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios do diâmetro do colmo nos estádios V12 e R5 em função dos espaçamentos entre linhas, onde se observa que para o estádio V12, o uso de espaçamento simples (testemunha) proporcionou maior diâmetro de colmo em relação ao espaçamento de linhas duplas. Resultado que foi contra ao esperado, pois, teoricamente no espaçamento linhas duplas, as plantas estão distribuídas equidistantes umas das outras o que aumentaria a massa de raiz e como consequência a absorção de nutrientes, elevando o diâmetro de colmo.

Já no estádio R5 não se observa diferença estatística entre os espaçamentos utilizados. Acredita-se que nesse estádio de desenvolvimento a competição por nutrientes foi mais elevada no espaçamento simples, devido a maior presença de plantas na linha. Reduzindo de maneira mais acentuada o diâmetro de colmo no espaçamento simples, em relação ao espaçamento de linhas duplas.

Tabela 6 - Valores médios do diâmetro do colmo (mm) da cultura do milho nos estádios V12 (DCV) e R5 (DCR) em função dos arranjos entre linhas. São João – PR (2012/2013).

Arranjo entre linhas	DCV12 (mm)	DCR5 (mm)
Linhas duplas	22,18 b	20,00 a
Linhas simples	22,48 a	20,04 a
Média geral	22,24	20,01

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T.

O modelo ajustado para o diâmetro do colmo em V12 para os diferentes espaçamentos entre linhas em função da população de plantas é apresentado na Figura 12, onde se observa que independente do espaçamento utilizado, o aumento da população de plantas de 50.000 para 110.000 plantas ha⁻¹ proporcionou redução no diâmetro de colmo. Este resultado pode estar atribuído ao fato de que nas maiores populações, as plantas ficam distribuídas mais próximas umas das outras dentro da linha de plantio, aumentando a competição por espaço e pelos recursos disponíveis, provocando translocação de fotoassimilados do colmo para os grãos (COELHO, et al., 2004) podendo causar redução do diâmetro do colmo (SANGOI et al., 2007a).

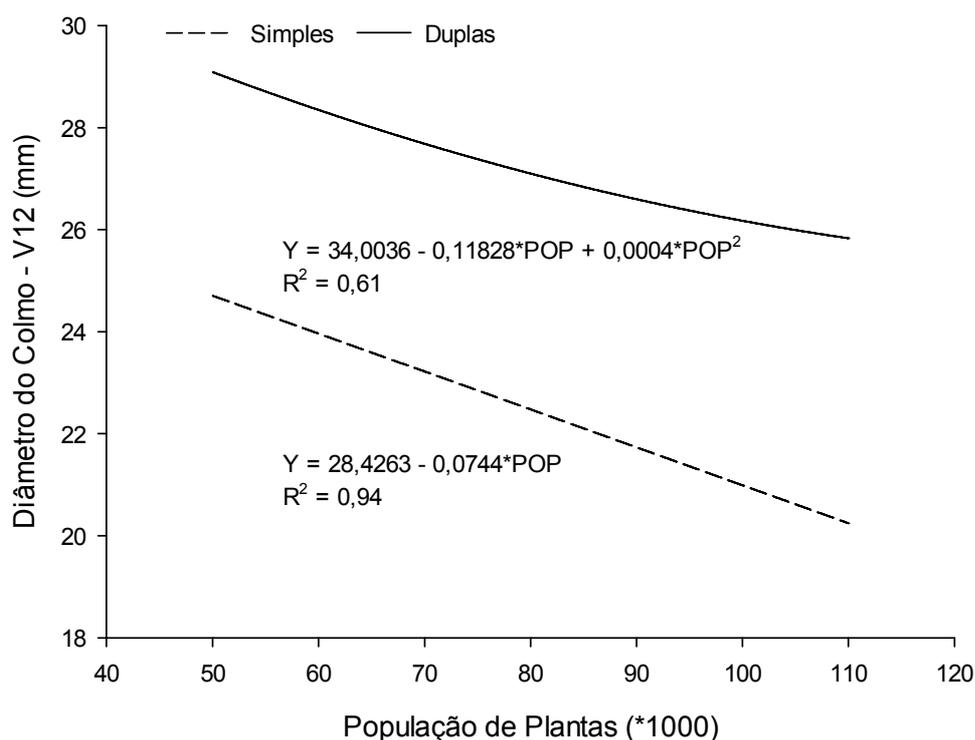


Figura 12 - Diâmetro do colmo de plantas de milho em V12 (mm), em função da população de plantas (plantas ha^{-1}) em dois espaçamentos entre linhas (simples e duplas). São João - PR (2012/2013).

Segundo Brachtvogel et al. (2012), em elevadas populações, as plantas respondem com um crescimento mais rápido a fim de evitar o sombreamento e aumentar suas chances de crescer acima do dossel, sacrificando o desenvolvimento do diâmetro do colmo e área foliar.

Gonçalves (2008) observou que ao diminuir a densidade populacional de 80.000 para 50.000 plantas ha^{-1} , houve um incremento de 12% no diâmetro de colmo. Resultado semelhante foi encontrado por Neto et al. (2003), que observaram aumento no diâmetro de colmo com a redução da população de plantas 90.000 para 30.000 plantas ha^{-1} , independente do espaçamento utilizado (0,40 e 0,80 m) para três híbridos de milho.

Foi observado que o espaçamento linhas duplas proporcionou maior diâmetro de colmo em relação ao espaçamento simples. Esse fato pode ser explicado pela melhor distribuição das plantas na área e na linha de plantio, diminuindo a competição por luz, água, nutrientes e espaço. O espaçamento reduzido, ao permitir melhor arranjo espacial de plantas, proporciona melhor distribuição de folhas e de raízes, conferindo ao milho, maior capacidade de aproveitamento de água e nutrientes (BALBINOT JÚNIOR e FLECK, 2004) e aumento da

produção fotossintética líquida (BULLOCK; NIELSEN; NYQUIST, 1988), refletindo em maior diâmetro de colmo.

Balem (2013), ao avaliar o desempenho da cultura do milho em diferentes densidades populacionais em espaçamento convencional (simples) e em linhas duplas, encontrou resultados semelhantes ao deste trabalho, onde o diâmetro de colmo no espaçamento linhas duplas foi em média 4,3% superior que o espaçamento simples.

Na Tabela 7 são apresentados os valores médios da estimativa do diâmetro do colmo em V12 (mm) e na Figura 13 a superfície de resposta tridimensional ajustada de acordo com o modelo polinomial de regressão, estimada em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas, onde se observa que independente do espaçamento utilizado, os maiores diâmetros de colmo foram obtidos nas populações entre 50.000 e 65.000 plantas ha⁻¹ e os menores diâmetros de colmo em populações superiores a 95.000 plantas ha⁻¹.

Balem (2013), Farinelli et al. (2012), Brachtvogel et al. (2012) e Kappes (2010) observaram em seus trabalhos que o diâmetro de colmo diminuiu com o aumento da população de plantas. Resultados estes que corroboram com os observado no presente trabalho.

Tabela 7 - Estimativas do diâmetro do colmo de plantas de milho em V12 (mm) em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas. São João - PR (2012/2013).

População de plantas x 1000	Espaçamento entre linhas duplas (cm)						
	40	45	50	55	60	65	70
50	24,3	24,5	24,6	24,7	24,6	24,5	24,3
55	23,8	24,0	24,1	24,1	24,1	23,9	23,7
60	23,3	23,5	23,6	23,6	23,5	23,4	23,2
65	22,8	23,0	23,1	23,1	23,1	22,9	22,7
70	22,4	22,6	22,7	22,7	22,6	22,5	22,3
75	22,0	22,2	22,3	22,3	22,2	22,1	21,9
80	21,7	21,8	21,9	21,9	21,9	21,7	21,2
85	21,4	21,5	21,6	21,6	21,6	21,4	20,9
90	21,1	21,3	21,4	21,4	21,3	21,1	20,6
95	20,9	21,1	21,2	21,1	21,1	20,9	20,5
100	20,8	20,9	21,0	21,0	20,9	20,7	20,3
105	20,7	20,8	20,9	20,8	20,7	20,6	20,2
110	20,6	20,7	20,8	20,7	20,6	20,5	20,2

O modelo de superfície de resposta estimado, usando as médias dos tratamentos para a variável diâmetro do colmo em V12, é apresentado na equação 2:

$$DCV = 27,344 + 0,18303E - 0,00157E^2 - 0,19108P + 0,000857P^2 - 0,00021EP \quad (2)$$

Ponto crítico: E = 50,4 cm; P = 117,7 (plantas ha⁻¹ * 1000)

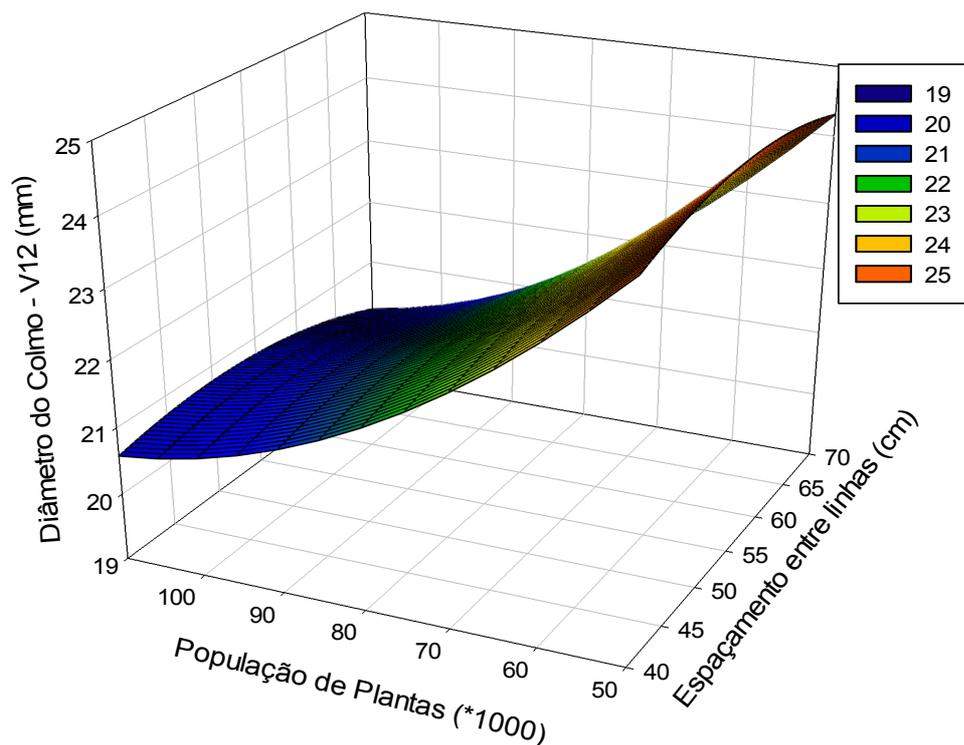


Figura 13 - Diâmetro do colmo em V12 de plantas de milho (mm) em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) e do espaçamento entre linhas duplas (cm). São João - PR (2012/2013).

4.1.3 Altura de inserção da primeira espiga

Na Tabela 8 são apresentados os valores médios da altura de inserção da primeira espiga. Observa-se que os diferentes espaçamentos entre linhas influenciaram significativamente o parâmetro avaliado, sendo que os maiores valores foram obtidos nos espaçamentos linhas simples. Esse resultado está atribuído a maior altura de plantas obtida neste espaçamento (Tabela 4). Segundo Silva (2000) plantas mais altas resultam em maiores alturas de inserção da primeira espiga.

Tabela 8 - Valores médios da altura de inserção da primeira espiga (m) da cultura do milho em função dos arranjos entre linhas. São João – PR (2012/2013).

Arranjo entre linhas	AIE (m)
Linhas duplas	1,30 b
Linhas simples	1,33 a
Média geral	1,30

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T.

Na Tabela 9 são apresentados os valores médios da estimativa da altura de inserção da primeira espiga e na Figura 14 a superfície de resposta tridimensional ajustada de acordo com o modelo polinomial de regressão, estimada em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas, onde se observa que a altura máxima observada foi de 1,36 m, encontrada no espaçamento entre linhas de 54,3 cm e na população de 115.100 plantas ha⁻¹. Esse resultado pode estar atribuído ao fato de que, quando se aumenta o espaçamento entre linhas, ao mesmo tempo aumenta-se o número de plantas na linha de plantio, provocando de maneira natural um estiolamento das plantas em busca de luz. O aumento na população de plantas pode aumentar a competição entre as plantas e proporcionar o seu estiolamento (DEMÉTRIO et al., 2008).

Os resultados encontrados corroboram com os observados por Kappes et al. (2010), que ao analisarem cinco híbridos de milho, observaram que a maior altura de inserção da primeira espiga ocorreu quando se aumentou a densidade de plantas de 50.000 para 90.000 plantas ha⁻¹. No entanto, diferem dos resultados obtidos por Gonçalves (2008), que ao avaliar o desempenho de híbridos de milho em três locais no Oeste do Paraná, não observou efeito significativa na altura de inserção da primeira espiga, quando aumentou a população de 50.000 para 80.000 plantas ha⁻¹. Balem (2013) trabalhando com linhas simples (70 cm) e duplas (20 x 70 cm) e com cinco populações de plantas (50.000, 65.000, 80.000, 95.000 e 110.000 plantas ha⁻¹), também não observou aumento na altura de inserção da primeira espiga ao elevar a população de plantas.

Tabela 9 - Estimativas da altura de inserção da primeira espiga de milho (m) em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas. São João - PR (2012/2013).

População de plantas x 1000	Espaçamento entre linhas duplas (cm)						
	40	45	50	55	60	65	70
50	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,28	1,31
55	1,24	1,24	1,25	1,26	1,27	1,29	1,31
60	1,26	1,25	1,26	1,26	1,28	1,29	1,32
65	1,26	1,26	1,26	1,27	1,28	1,30	1,32
70	1,27	1,27	1,27	1,28	1,29	1,31	1,33
75	1,28	1,28	1,28	1,28	1,29	1,31	1,33
80	1,29	1,28	1,28	1,29	1,30	1,31	1,33
85	1,30	1,29	1,29	1,29	1,30	1,32	1,34
90	1,30	1,29	1,29	1,30	1,30	1,32	1,34
95	1,31	1,30	1,30	1,30	1,31	1,32	1,34
100	1,31	1,30	1,30	1,30	1,31	1,32	1,34
105	1,32	1,31	1,30	1,30	1,31	1,32	1,34
110	1,32	1,31	1,30	1,30	1,31	1,32	1,33

O modelo de superfície de resposta estimado, usando as médias dos tratamentos para a altura de inserção da primeira espiga é apresentado na equação 4:

$$AIE = 1,2179 - 0,00751E + 0,000105E^2 + 0,004951P - 0,0000141P^2 - 0,000032EP \quad (4)$$

Ponto crítico: E=54,3; P=115,1

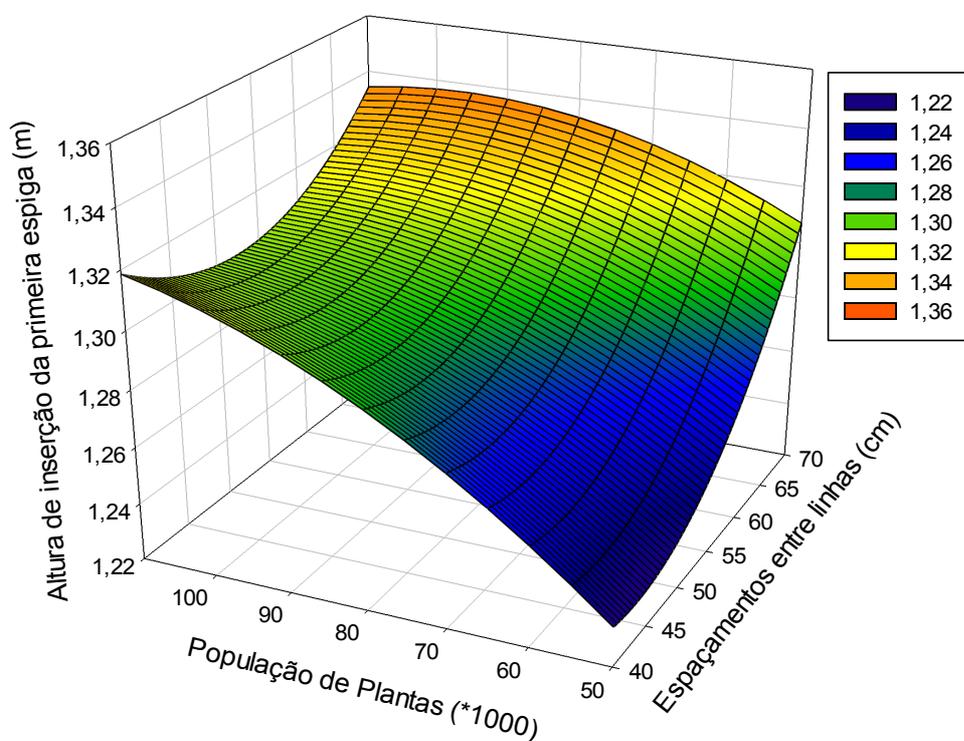


Figura 14 - Altura de inserção da primeira espiga de milho (m) em função da população de plantas (plantas ha^{-1}) e do espaçamento entre linhas duplas. São João - PR (2012/2013).

4.2 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA

Na Tabela 10 é apresentada a síntese da análise de variância para os parâmetros dos componentes de rendimento e produtividade média da cultura do milho, onde se observa que o espaçamento entre linhas influenciou significativamente ($p < 0,01$) o índice de espigas, comprimento de espigas e a produtividade. A utilização do espaçamento de linhas duplas influenciou significativamente o índice de espigas, comprimento de espigas e produtividade. Nota-se também que os contrastes entre o espaçamento simples (testemunha) e os espaçamentos linhas duplas para a produtividade foi significativo ($p < 0,01$).

O fator população de plantas influenciou significativamente o índice de espigas, número de fileiras por espigas, comprimento de espiga, massa de 1000 grãos e produtividade. Observa-se ainda que ocorreu interação significativa entre a população de plantas e os espaçamentos de linhas duplas para o índice de espigas e número de fileiras por espigas. A interação do contraste entre o espaçamento simples versus duplos com a população de plantas foi significativo apenas para o índice de espigas.

Tabela 10 - Fontes de variação, graus de liberdade e quadrado médio para o índice de espigas (IE), número de fileiras por espigas (NFE), comprimento de espiga (CE), massa de 1000 grãos (MMG) e produtividade (PR) em função dos espaçamentos entre linhas e das populações de plantas. São João – PR (2012/2013).

FV	GL	IE	NFE	CE (cm)	MMG (g)	PR (ton ha ⁻¹)
Bloco	3	0,0331	2,45	1,20	267,66	0,905
Espaçamento (E)	4	0,0258**	0,35 ^{ns}	0,98**	91,24 ^{ns}	0,929**
Linha dupla (D)	3	0,0344**	0,34 ^{ns}	1,23**	114,45 ^{ns}	0,978**
Test (T) vs D	1	0,0000 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,23 ^{ns}	21,62 ^{ns}	0,781**
População (P)	4	0,7343**	1,35**	12,31**	2189,48**	0,591**
D x P	12	0,0268**	1,06**	0,15 ^{ns}	132,06 ^{ns}	0,397 ^{ns}
(T vs D) x P	4	0,0280**	0,22 ^{ns}	0,54 ^{ns}	144,43 ^{ns}	0,257 ^{ns}
Resíduo	72	0,0127	0,55	0,83	331,71	0,552
Média geral		1,09	15,42	15,42	357,40	7,25
CV (%)		10,35	5,91	5,91	5,09	10,25

**e* significativo ($p < 0,01$) e significativo ($p < 0,05$), respectivamente, pelo teste F; ns não significativo ($p > 0,05$); CV: coeficiente de variação.

Apesar dos contrastes entre o espaçamento simples (testemunha) e os espaçamentos linhas duplas tenham sido significativo para os caracteres comprimento de espiga e produtividade, na análise de variância, os mesmos não foram significativos na análise de regressão, apresentando valores médios de 15,18 cm e 7.712 ton ha⁻¹, respectivamente.

4.2.1 Índice de espigas

Observa-se na Tabela 11 que a média dos diferentes espaçamentos entre linhas não influenciaram significativamente o índice de espigas. Ao analisarmos a Tabela 10, observamos que ocorreu interação entre os espaçamentos duplos. Pois independente do espaçamento que se utiliza, quando ocorre aumento da densidade populacional a uma tendência na diminuição no número de espigas por planta, ou seja, em altas densidades a tendência de ocorrer plantas dominadas é maior, plantas essas que não produzem espigas. Segundo Stacciarini et al. (2010) o aumento da densidade de semeadura tende a reduzir o tamanho das espigas, diminuindo também seu índice por planta.

Tabela 11 - Valores médios do índice de espigas da cultura do milho em função dos arranjos entre linhas. São João – PR (2012/2013).

Arranjo entre linhas	IE
Linhas duplas	1,09 a
Linhas simples	1,09 a
Média geral	1,09

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T.

O modelo ajustado para o índice de espigas para os diferentes espaçamentos entre linhas em função da população de plantas é apresentado na Figura 15, onde se observa que ocorreu interação significativa entre os tipos de espaçamentos utilizados. Com o aumento da população de plantas em ambos os espaçamentos houve diminuição no índice de espigas, sendo que o menor índice foi obtido no espaçamento simples. Vários autores encontraram resultados semelhantes ao deste trabalho. Demétrio (2008), Cruz et al. (2007) e Kappes (2010)

verificaram, de forma geral, que houve redução do índice de espigas com o aumento da densidade populacional.

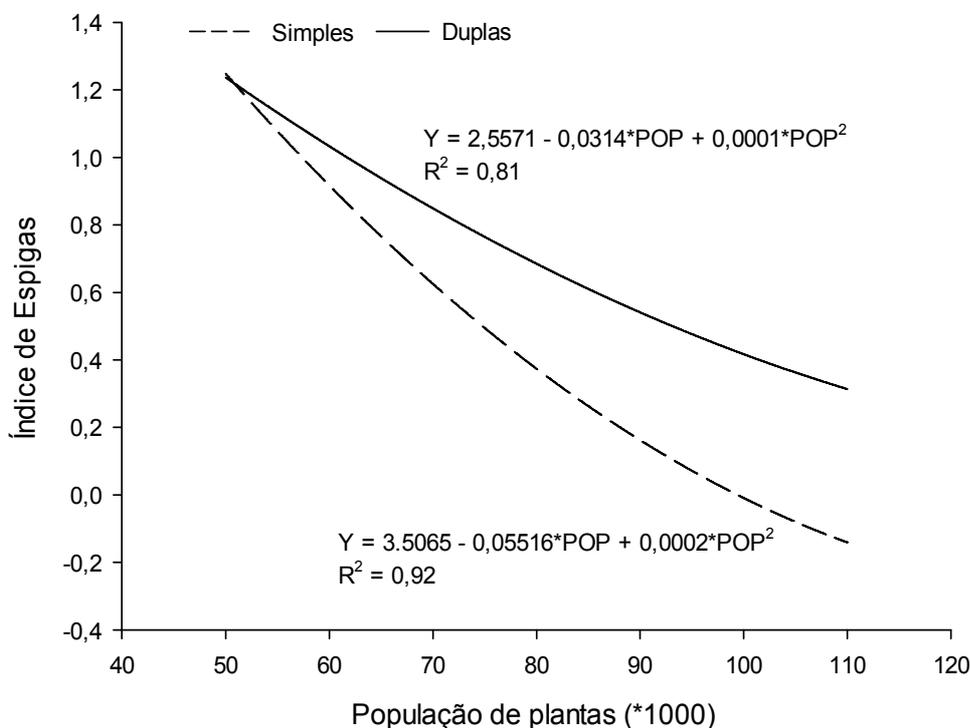


Figura 15 - Índice de espigas de milho, em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) em dois espaçamentos entre linhas (simples e duplas). São João – PR (2012/2013).

Na Tabela 12 são apresentados os valores médios da estimativa do índice de espiga e na Figura 16 a superfície de resposta tridimensional ajustada de acordo com o modelo polinomial de regressão, estimada em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas, onde observa-se que com a redução da população de 110.000 para 50.000 plantas ha⁻¹ teve-se aumento no índice de espigas. Independente do espaçamento utilizado, os maiores índices foram obtidos nas populações de 50.000 a 60.000 plantas ha⁻¹, enquanto que os menores índices foram obtidos nos menores espaçamentos e em populações acima de 100.000 plantas ha⁻¹.

Ao reduzir a população de plantas, as mesmas ficam mais distantes umas das outras na linha, diminuindo a competição por água e nutrientes, facilitando a absorção dos mesmos e transformando em espigas, conseqüentemente em produtividade. Segundo Demétrio (2008), nas baixas densidades populacionais, a competição entre as plantas pelos recursos do meio é pequena, disponibilizando às plantas os recursos necessários para o enchimento dos grãos em mais de uma espiga por planta.

Tabela 12 - Estimativas do índice de espigas de milho em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas. São João - PR (2012/2013).

População de plantas x 1000	Espaçamento entre linhas duplas (cm)						
	40	45	50	55	60	65	70
50	1,43	1,39	1,36	1,34	1,34	1,34	1,35
55	1,34	1,31	1,28	1,27	1,26	1,27	1,28
60	1,27	1,23	1,21	1,20	1,19	1,20	1,22
65	1,20	1,17	1,15	1,14	1,14	1,15	1,17
70	1,14	1,11	1,09	1,08	1,08	1,10	1,17
75	1,08	1,06	1,04	1,03	1,04	1,05	1,08
80	1,04	1,01	1,00	1,00	1,00	1,02	1,05
85	1,00	0,98	0,97	0,96	0,97	0,99	1,02
90	0,97	0,95	0,94	0,94	0,95	0,97	1,00
95	0,95	0,93	0,92	0,93	0,94	0,96	1,00
100	0,93	0,92	0,91	0,92	0,93	0,96	0,99
105	0,92	0,91	0,91	0,92	0,93	0,96	1,00
110	0,92	0,91	0,91	0,92	0,94	0,97	1,01

O modelo de superfície de resposta estimado, usando as médias dos tratamentos para o índice de espigas é apresentado na equação 5:

$$IE = 3,52903 - 0,02934E + 0,000204E^2 - 0,03633P + 0,0001524P^2 + 0,0000897EP \quad (5)$$

Ponto crítico: E = 48,9 cm; P = 104,8 (plantas ha⁻¹ * 1000)

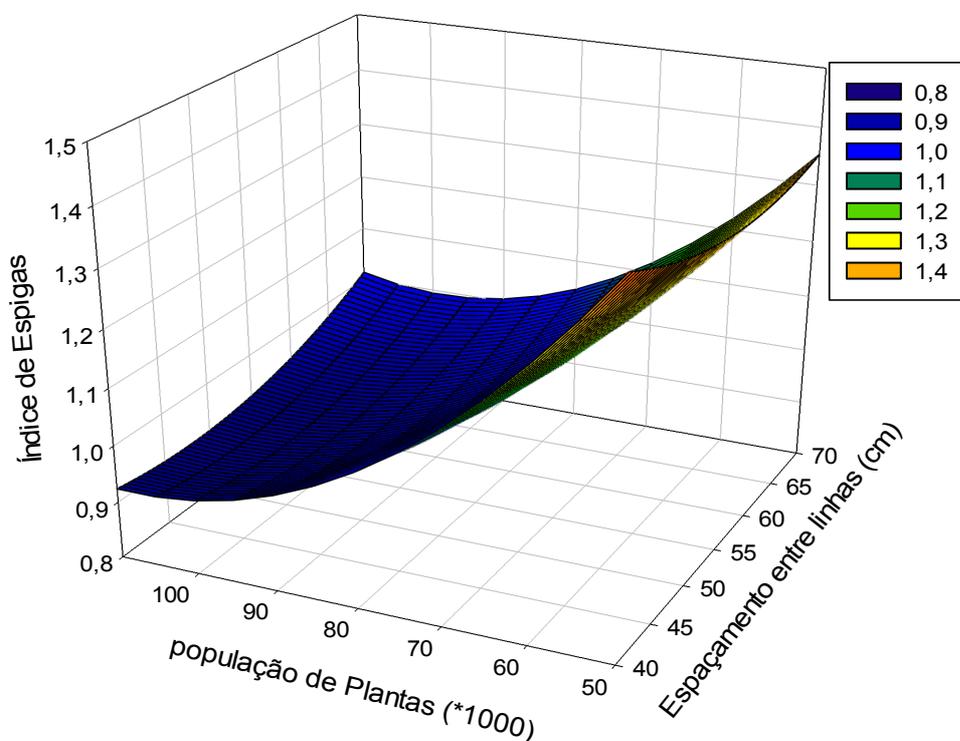


Figura 16 - Índice de espigas de plantas de milho em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) e do espaçamento entre linhas (cm). São João - PR (2012/2013).

4.2.2 Número de fileiras por espigas

Observa-se na Tabela 13 que os diferentes espaçamentos entre linhas não influenciaram significativamente o número de fileiras por espigas. Isso acontece pelo fato de que o potencial produtivo é definido nos estádios iniciais de desenvolvimento da cultura, onde ainda não ocorre uma influência significativa da competição por plantas no ambiente. E também por ser característico do híbrido de não ter espigas muito compridas. Para Horn et al. (2006), é possível que as diferenças existentes na variabilidade genética entre híbridos e variedades de milho, que lhes conferem rusticidade e potenciais produtivos distintos, possam ser causadas pela capacidade diferencial desses grupos de plantas de absorver nutrientes.

Resultados semelhantes ao deste trabalho foram obtidos por Kappes et al. (2011). Ao avaliarem a redução de espaçamento de 0,90 para 0,45 m para cinco híbridos de milho, os autores não observaram efeitos significativos sobre o número de fileiras por espiga. No entanto, Balem (2013) trabalhando com espaçamento linha dupla (0,2 x 0,7 m) e espaçamento simples (0,7 m), utilizando o híbrido 30F53H encontrou maior valor de número de fileiras por espiga no espaçamento linha dupla. O autor atribuiu esse resultado à distribuição mais uniforme das plantas nesse espaçamento e por fatores genéticos, uma vez que o híbrido utilizado (P 30F36H) tem alta capacidade prolífera.

Tabela 13 - Valores médios do número de fileiras por espigas da cultura do milho em função dos arranjos entre linhas. São João – PR (2012/2013).

Arranjo entre linhas	NFE
Linhas duplas	18,70 a
Linhas simples	18,54 a
Média geral	18,67

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T.

Na Tabela 14 são apresentados os valores médios da estimativa do número de fileiras por espiga e na Figura 17 a superfície de resposta tridimensional ajustada de acordo com o modelo polinomial de regressão, estimada em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas. Os maiores valores foram observados nas menores populações de plantas e nos

maiores espaçamentos entre linhas. O ponto crítico para esse caractere se encontra no espaçamento entre linhas de 51 cm e na população de 62.700 plantas ha⁻¹.

Dados semelhantes foram encontrados por Gonçalves (2008), Brachtvogel (2009) e Kappes (2010) que observaram redução no número de fileiras de grãos por espiga com o aumento da densidade populacional. Porém, para Balem (2013), a redução da população de plantas de 110.000 para 50.000 plantas ha⁻¹ não foi significativa para esta variável. Esses resultados diferem ainda dos obtidos por Marchão et al. (2005), que ao avaliarem seis híbridos de milho em dois locais diferentes no mesmo ano agrícola, constataram que o aumento na densidade de 40.000 para 100.000 plantas ha⁻¹ não influenciou significativamente o número de fileiras por espiga.

Tabela 14 - Estimativas do número de fileiras por espiga de milho em função da população de plantas e do espaçamento entre linhas. São João - PR (2012/2013).

População de plantas x 1000	Espaçamento entre linhas duplas (cm)						
	40	45	50	55	60	65	70
50	18,82	18,84	18,87	18,89	18,90	18,92	18,93
55	18,86	18,88	18,89	18,90	18,91	18,92	18,92
60	18,89	18,90	18,91	18,91	18,91	18,91	18,92
65	18,91	18,91	18,91	18,90	18,90	18,89	18,87
70	18,92	18,91	18,90	18,89	18,87	18,85	18,83
75	18,91	18,90	18,88	18,85	18,83	18,80	18,78
80	18,90	18,87	18,84	18,81	18,78	18,75	18,63
85	18,87	18,83	18,80	18,76	18,72	18,68	18,54
90	18,83	18,79	18,74	18,70	18,65	18,59	18,44
95	18,78	18,73	18,67	18,62	18,56	18,50	18,32
100	18,71	18,65	18,59	18,53	18,46	18,40	18,20
105	18,64	18,57	18,50	18,43	18,36	18,28	18,06
110	18,55	18,48	18,40	18,32	18,24	18,15	18,06

O modelo de superfície de resposta estimado, usando as médias dos tratamentos para o número de fileiras por espigas é apresentado na equação 6:

$$NFE = 16,774 + 0,02648E - 0,0000537E^2 + 0,04655P - 0,000235P^2 - 0,000335EP \quad (6)$$

Ponto crítico: E = 51,0 cm; P = 62,7 (plantas ha⁻¹ * 1000)

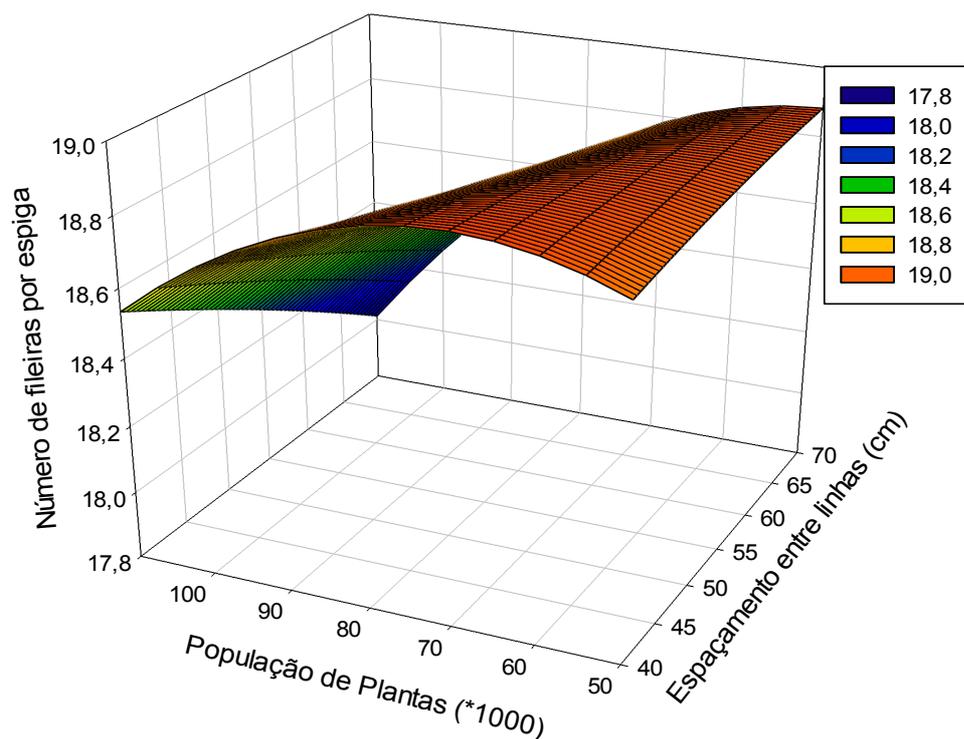


Figura 17 - Número de fileiras por espiga de milho em função da população de plantas (plantas ha⁻¹) e do espaçamento entre linhas duplas (cm). São João - PR (2012/2013).

4.2.3 Comprimento de espiga

Observa-se na Tabela 15 que a média dos diferentes espaçamentos entre linhas não influenciaram significativamente o comprimento de espigas. Porém, na Tabela 10 observamos que houve diferença significativa entre os espaçamentos duplos. Sendo que o comprimento de espigas aumentou linearmente com o aumento do espaçamento entre linhas.

Neto et al. (2003) e Palhares (2003), encontraram aumento no comprimento de espigas pela redução do espaçamento de 0,80 para 0,40 m. Resultados estes que diferem do presente trabalho. Provavelmente deve-se a questão climática, pois o comprimento da espiga, bem como outros componentes do rendimento são definidos nos estádios iniciais da cultura. Esse período de definição aconteceu no mês de outubro, onde a precipitação pluviométrica foi alta durante todo o mês (Figura 3). Pode-se observar que nesse mês a precipitação pluviométrica ficou em torno dos 250 mm, isso deixou o solo com alta umidade, onde acabou não ocorrendo competição por água e nutrientes entre as plantas, facilitando dessa maneira a absorção dos

mesmos e não interferindo dessa forma no comprimento da espiga independente do espaçamento utilizado (simples ou duplo).

Tabela 15 - Valores médios do comprimento de espigas (cm) de milho em função dos arranjos entre linhas. São João – PR (2012/2013).

Arranjo entre linhas	CE (cm)
Linhas duplas	15,44 a
Linhas simples	15,32 a
Média geral	15,42

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T.

O modelo ajustado para o comprimento de espiga em função da população de plantas é apresentado na Figura 18. Observa-se redução no comprimento da espiga com o aumento da população de plantas. Isso se deve à grande competição na linha de plantio em condições de elevada densidade populacional.

Neto et al. (2003), Marchão et al. (2005), Brachtvogel (2009) e Kappes (2010) também encontraram redução no comprimento de espiga em função do aumento da população de plantas da cultura do milho.

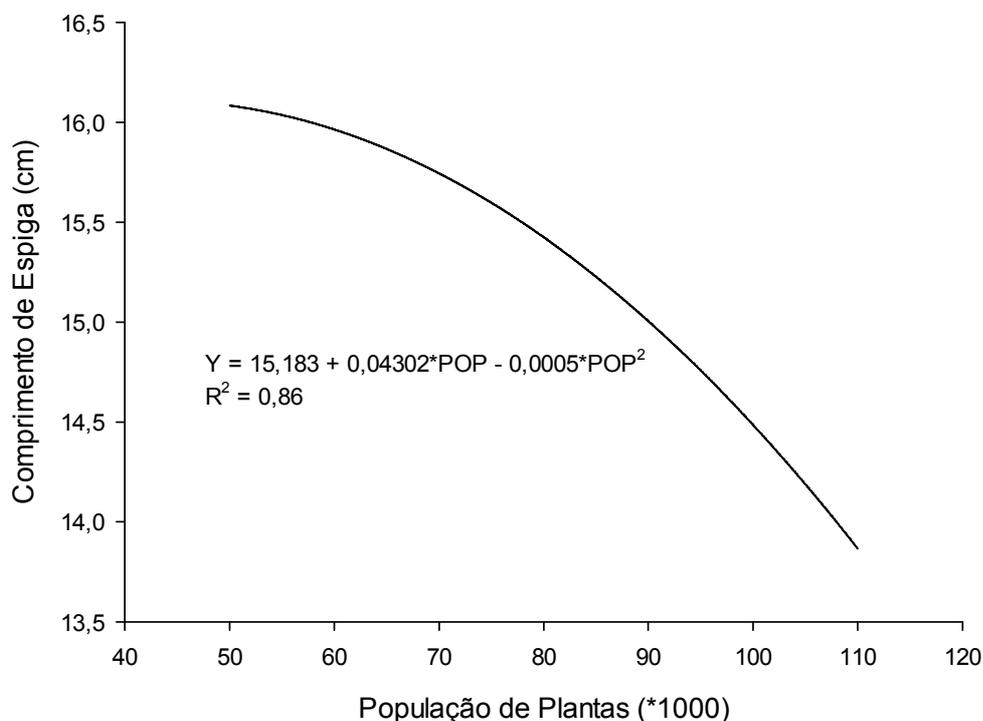


Figura 18 - Comprimento de espiga de milho (cm), em função da população de plantas (plantas ha⁻¹). São João - PR (2012/2013).

4.2.4 Massa de 1000 grãos

Observa-se na Tabela 16 que os diferentes espaçamentos entre linhas não influenciaram significativamente a massa de 1000 grãos. Esses resultados diferem do encontrado por Balem (2013), onde o espaçamento linha dupla apresentou massa de 1000 grãos em torno de 3,5% superior ao espaçamento simples. Provavelmente deve-se a questão climática, pois no período de enchimento dos grãos (dezembro), houve alta precipitação pluviométrica durante todo o mês. Devido à alta umidade no solo nesse período, o enchimento de grãos foi uniforme em ambos os espaçamentos, não apresentando diferenças no peso de grãos.

Tabela 16 - Valores médios da massa de 1000 grãos da cultura do milho em função dos arranjos entre linhas. São João – PR (2012/2013).

Arranjo entre linhas	MMG (g)
Linhas duplas	357,63 a
Linhas simples	356,47 a
Média geral	357,40

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T.

O fator população de plantas interferiu significativamente na massa de 1000 grãos. Nota-se aumento na massa de 1000 grãos até a população de 64.600 plantas ha⁻¹ (Figura 19). O uso de densidades muito elevadas pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência da conversão de fotoassimilados em produção de grãos (MARCHÃO et al., 2006), principalmente no estágio de florescimento da cultura (PEIXOTO, 2006). Esse adensamento excessivo incrementa a competição intraespecífica, o que estimula a dominância apical, aumentando a esterilidade feminina e limitando a produção de grãos por área (FORNASIERI FILHO, 1992).

Balem (2013) observou redução linear da massa de 1000 grãos com o aumento da densidade de plantas de 50.000 para 110.000 plantas ha⁻¹. Farinelli et al. (2012) ao estudarem três densidades de plantas (40.000; 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹), observaram que a massa de grãos foi menor com densidades de plantas superiores a 60.000 plantas ha⁻¹. Esse resultado corrobora com Kappes (2010), que constatou que o aumento da densidade de plantas de 50.000 para 90.000 plantas ha⁻¹, resultou na diminuição do peso de 1000 grãos. O mesmo foi observado por Marchão et al (2005), que, constataram redução linear no peso de 1000 grãos ao elevar a

densidade de plantas de 40.000 para 100.000 plantas ha^{-1} , ao avaliarem seis híbridos de milho em dois locais diferentes no mesmo ano agrícola

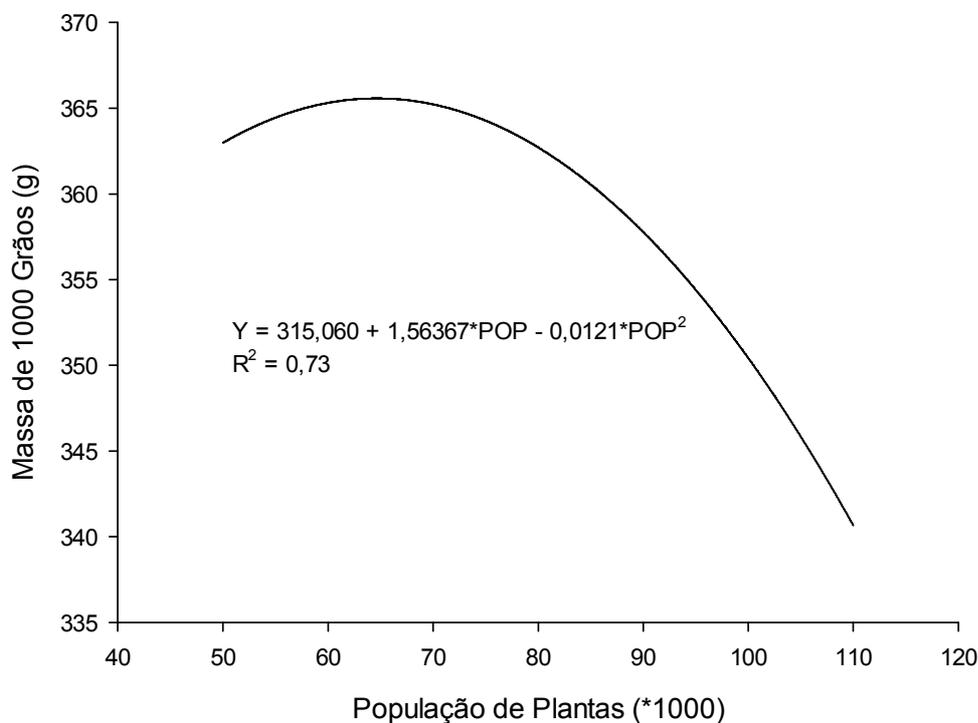


Figura 19 - Massa de 1000 grãos de milho (g), em função da população de plantas (plantas ha^{-1}). São João – PR (2012/2013).

4.2.5 Produtividade da cultura

Na Tabela 17 observa-se que os diferentes espaçamentos entre linhas influenciaram significativamente a produtividade média da cultura do milho, sendo que o espaçamento simples apresentou a maior produtividade (7.430 kg ha^{-1}), aproximadamente, 3,0% superior a produtividade obtida no espaçamento linhas duplas. Resultado que foi contra o esperado, pois no espaçamento linha dupla as plantas estão melhor distribuídas, o que teoricamente diminuiria a competição entre elas, proporcionando melhores produtividades.

Tabela 17 - Valores médios da produtividade da cultura do milho (ton ha⁻¹) em função dos arranjos entre linhas. São João – PR (2012/2013).

Arranjo entre linhas	PR (ton ha ⁻¹)
Linhas duplas	7,21 b
Linhas simples	7,43 a
Média geral	7,25

* Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade de erro pelo teste T.

Por se tratar de uma nova forma de arranjo de plantas, os efeitos sobre o rendimento de grãos de milho são bastante heterogêneos. Balkcom et al. (2010) avaliando os híbridos Pioneer 31N27, Pioneer 31N26, Dekalb DK697 e Dekalb DKC 69-72, na densidade baixa (40.000 a 44.000 plantas ha⁻¹), densidade média (59.000 a 64.000 plantas ha⁻¹) e densidade alta (79.000 a 84.000 plantas ha⁻¹) em espaçamento de linhas duplas (0,19 x 0,76 m) e convencional (0,76 m), verificaram que o espaçamento de linhas duplas produziram 16% a mais que o espaçamento convencional nas maiores densidades de plantas, enquanto para as densidades médias a produtividade em relação a densidade convencional foi 10% maior.

Balem (2013) trabalhando com espaçamento linha dupla (0,2 x 0,7 m) e espaçamento simples (0,7 m), utilizando o híbrido 30F53H também encontrou maior produtividade para o espaçamento linha dupla. No entanto, Robles et al. (2012) ao avaliarem três híbridos de milho por três anos consecutivos em espaçamento de linhas duplas (0,20 x 0,76 m) e convencional (0,76 m), em quatro densidades populacionais (69.000; 81.000; 93.000 e 105.000 plantas ha⁻¹), verificaram que o rendimento de grãos de milho com espaçamento linhas duplas não foi significativamente superior dos rendimentos comparáveis em linhas convencionais em todo os híbridos e níveis de densidade de plantas.

Na Figura 20 observa-se redução linear da produtividade média da cultura do milho em função do aumento do espaçamento entre linhas. Esse fato deve-se ao maior número de plantas na linha de plantio nos espaçamentos maiores em relação aos espaçamentos menores, nesses, há uma melhor distribuição de plantas na linha de plantio, favorecendo o aumento radicular e absorção de nutrientes. Esse resultado corrobora com Gonçalves (2008), que ao avaliar três espaçamentos entre linhas (0,45; 0,68 e 0,90 m) em três locais diferentes, observou que houve diminuição de 9,32% na produtividade com o aumento do espaçamento para 0,90 m. Alvarez et al. (2006), estudando dois híbridos de milho, observaram incremento na produtividade de 500 Kg ha⁻¹ quando o espaçamento foi reduzido de 0,9 para 0,7 m.

Farinelli et al. (2012) observaram que a redução do espaçamento de 0,8 para 0,4 m aumentou a produtividade dos híbridos testados, independente da densidade de plantas utilizada (40.000; 60.000 e 80.000 plantas ha⁻¹). Modolo et al. (2010), também encontraram aumento na produtividade de dois híbridos de milhos quando o espaçamento foi reduzido de 0,9 para 0,45 m.

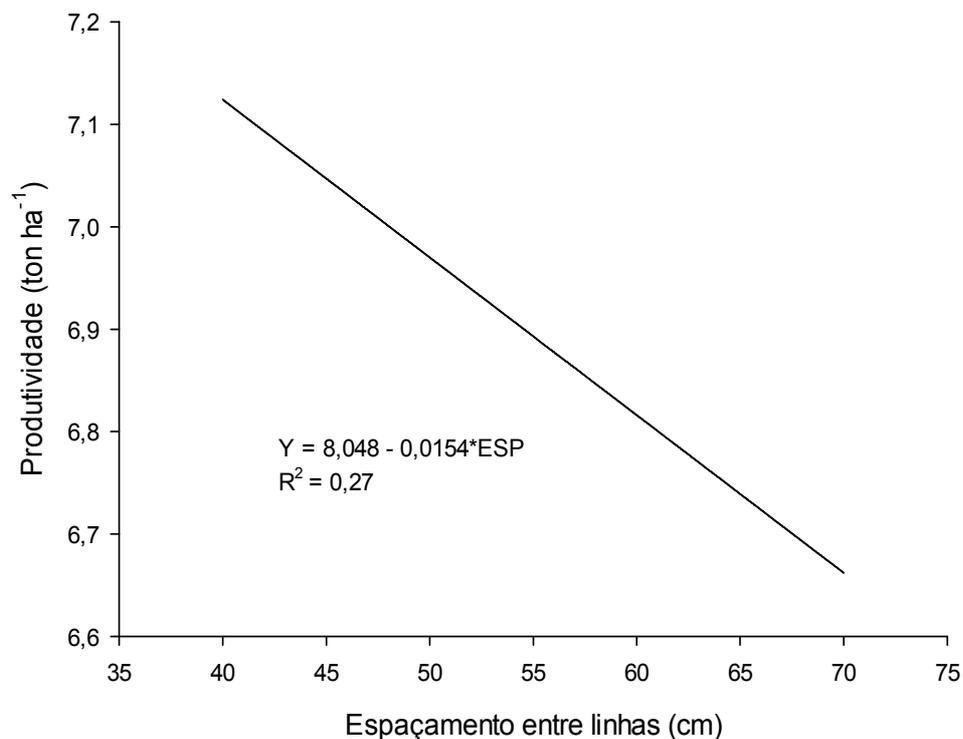


Figura 20 - Produtividade média da cultura do milho (ton ha⁻¹), em função do espaçamento entre linhas duplas (cm). São João - PR (2012/2013).

5 CONCLUSÕES

Os maiores valores de altura de plantas, altura de inserção da primeira espiga, foram observados nas maiores densidades populacionais.

O aumento da densidade populacional provocou diminuição no diâmetro de colmo, índice de espigas, número de fileiras por espigas, comprimento de espiga, massa de mil grãos e produtividade.

O espaçamento entre linhas influenciou a altura de planta, altura de inserção da primeira espiga e produtividade, onde os maiores resultados obtidos foram encontrados no espaçamento simples.

Independente da população de plantas utilizada, o índice de espigas e diâmetro do colmo foram maiores no espaçamento linha dupla.

A produtividade de grãos respondeu de forma linear negativa para o aumento da densidade de plantas, indicando que o híbrido SUPERIS possui baixa adaptabilidade para altas populações.

Pelos resultados obtidos nesse experimento, as linhas duplas não são uma opção viável para os produtores da região.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o advento da biotecnologia através dos materiais *Bt* e mais recentemente os RR, a cultura do milho apresentou um salto expressivo em produtividade, chegando a patamares nunca antes observados. Porém, junto com essa biotecnologia veio o aumento do custo de produção. Uma maneira mais barata e eficiente para aumentar ainda mais a produtividade dessa cultura é através do manejo do espaçamento entre linhas e/ou aumento da densidade de plantas associadas com a biotecnologia.

A diminuição do espaçamento associada ao aumento na densidade de plantas, é uma prática que vem sendo muito utilizada pelos agricultores, principalmente por aqueles que buscam altos tetos produtivos com a utilização das mais diversas tecnologias associadas às técnicas de adubação, manejo fitossanitário, entre outras. Para a inserção de novas práticas, é necessário que se tenha conhecimento acerca do que se pretende realizar, tendo-se em vista que uma técnica de manejo não funciona isoladamente. Desta forma todos os métodos de condução da cultura, devem ser realizados de maneira adequada, trabalhando mutuamente.

No presente estudo não foi possível observar incremento na produtividade do milho com a utilização do espaçamento com linhas duplas. Diversos fatores que não foram avaliados, como por exemplo, o relevo, a adaptabilidade do híbrido na região de estudo, a época ideal de plantio do híbrido, entre outros podem ter gerado interferências nos resultados.

Neste experimento recomenda-se que sejam realizadas repetições em outras regiões, podendo-se fazer uso de outras bases genéticas. É muito importante que a alteração de espaçamento pelos produtores, seja sempre definida com base em resultados já consolidados de acordo com as condições da região de cultivo.

REFERÊNCIAS

AGRIGOLD RESEARCH 2009. Disponível em: <www.agrigold.com> Acesso em: 20/05 mai. 2013.

ALVAREZ, Cláudio G. D.; PINHO, Renzo G.; BORGES, Iran D. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragens e grãos de milho em diferentes densidades de semeadura e espaçamentos entre linhas. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 3, p. 402-408, 2006.

ANDRADE, Fernando H.; VEGA, Claudia; UHART, Sergio; CIRILO, Alfredo; CANTARERO, Marcelo; VALENTINUZ, Oscar. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 453-459, 1999.

ARGENTA, Gilber; SILVA, Paulo R. F.; BORTOLINI, Clayton G.; FORSTHOFER, Everton L.; MANJABOSCO, Eduardo A.; BEHEREGARAY NETO, Vasco. Resposta de híbridos simples de milho à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

BALKCOM, Kipling S.; SATTERWHITE, Jason L.; ARRIAGA, Francisco J.; PRICE, Andrew J.; SANTEN, Edzard V.. Conventional and glyphosate-resistant maize yields across plant densities in single- and twin-row configurations. **Science Direct**. v. 120, p. 330–337, 2011

BALBINOT JÚNIOR, Alvadi A.; FLECK, Nilson. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 245-252, 2004.

BALBINOT, Alvadi A.; FLECK, Nilson. G. Benefícios e limitações da redução do espaçamento entrelinhas. **Revista Plantio Direto**, edição nº 87, maio/junho de 2005. Aldeia Norte Editora, Passo Fundo - RS.

BALEM, Z. **Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2013.

BRACHTVOGEL, Elizeu L.; PEREIRA, Francisco R. da S.; CRUZ, Simério C. S.; BICUDO, Sílvio J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, 2009.

BRACHTVOGEL, Elizeu L.; PEREIRA, Francisco R. da S.; CRUZ, Simério C. S.; ABREU, Magno L. de.; BICUDO Silvio J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n.1, p. 75 - , 2012.

BRIAN Jones. Effects of Twin-Row Spacing on Corn Silage Growth Development and Yield in the Shenandoah Valley. **Crop & Soil Environmental Science Extension Agent**, Augusta County, p.1-9, 2010.

BULLOCK, D. G.; NIELSEN, R. L.; NYQUIST, W. E. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 2, p. 254-258, 1988.

CLARKE, G.; BUTLER, J.; HAVLOVIC, B. Twin-Row Corn Study. Iowa State University, **Armstrong Research and Demonstration Farm**. 2012. Disponível em: <<http://www.ag.iastate.edu/farms/05reports/arm/TwinRowCornStudy.pdf>> Acesso em: 10 set. 2013.

COELHO, Antônio M.; CRUZ, Jose C.; PEREIRA FILHO, Israel A. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho. **Comunicado Técnico**. Sete Lagoas, MG; v. 99, s/n, p. 20, 2004.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento de safra brasileira de grãos, v. 1 – Safra 2013/14, n. 4 - Quarto Levantamento, jan. 2014**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_10_15_07_19_boletim_graos_janeiro_2014.pdf> Acesso em: 02 fev. 2014.

COULTER, Jeffrey. A.; NAFZIGER, Emerson. D.; JANSSEN, Michael. R.; PEDERSEN, Palle. Response of Bt and nearisoline corn hybrids to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v. 102, n.º 1. p. 103-111, 2010.

COX, William J.; HANCHAR, John J.; KNOBLAUCH, Wayne A.; CHERNEY, Jerome H. Growth, yield, quality, and economics of corn silage under different row spacings. **Agronomy Journal**, Madison, v. 98, n. 1, p. 163-167, 2006.

CRUZ, José C.; PEREIRA, Francisco T. F.; PEREIRA FILHO, Israel A.; OLIVEIRA, Antônio C. de.; MAGALHÃES, Paulo 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.

DEMÉTRIO, Cláudia de S. **Desempenho agrônômico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal-SP**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestre em Produção

Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias– Unesp, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, 2008.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. (Brasília, DF). **Sistema brasileiro de classificação de solos. 2**. Rio de Janeiro: Embrapa - SPI, 2006.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa Milho e Sorgo. **Sistemas de Produção, 2**. ISSN 1679-012X Versão Eletrônica - 4ª edição Set./2008. Disponível em: <http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/sorgo_4_ed/index.htm> Acesso em: 20 nov. 2012.

FARINELLI, Rogério; PENARIOL, Fernando G.; FORNASIERI FILHO, Domingos. Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais. **Científica**, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 21–27, 2012.

FORNASIERI FILHO, Domingos. A cultura do milho. Jaboticabal: **Funep**, 1992. 273 p.

GONÇALVES, Marcio L. **Desempenho agronômico de híbridos de milho em função de espaçamentos e densidades populacionais em três locais**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, UNIOESTE. Marechal Candido Rondon (PR), 2008.

GREAT PLAINS. 2013. Twin-row principles. **Great Plains Manufacturing**. Disponível em: <<http://www.twin-row.com/twin-row-principles>> Acesso em: 29 out. 2013.

HORN, Delson; ERNANI, Paulo R.; SANGOI, Luis; SCHWEITZER, Cleber; CASSOL, Paulo C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. Viçosa. v. 30, n. 01, p. 77-85, 2006.

KAPPES, Claudinei. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas**. 2010. 127 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia – Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, 2010.

KAPPES, Claudinei; ANDRADE, João A. da C.; ARF, Orivaldo, OLIVEIRA, Ângela C. de; ARF, Marcelo V.; FERREIRA, João Paulo. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011.

KARLEN, D. L.; KASPERBAUER, M. J.; ZUBLENA, J. P. Row-spacing effects on corn in the southeastern U.S. **Applied Agricultural Research**. v. 2, n° 2, p. 65-73. 1987.

LOZADA, Beatriz I.; ANGELOCCI, Luiz R. Efeito da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica do solo na duração de subperíodos e na produtividade de um híbrido de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 37-43, 1999.

MARCHÃO, Robélio L.; BRASIL, Edward M.; DUARTE, João B.; GUIMARÃES, Cleber. M; GOMES, Jerônimo A. Densidade de plantas e características agronômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MARCHÃO, Robélio. L; BRASIL, Edward. M; XIMENES, Paulo 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.

MODOLO, Alcir J.; CARNIELETTO, Ricardo; KOLLING, Evandro M., TROGELLO, Emerson; SGARBOSSA, Maicon. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 435-441, 2010.

MONSANTO **National Research Summary**. Disponível em: <http://www.twin-row.com/sites/default/files/monsanto_twinrowreport.pdf> Acesso em: 15 ago. 2013.

NETO, Durval. D.; PALHARES, Marcos; VIEIRA, Pedro A.; MANFRON, Paulo A.; MEDEIROS, Sandro L. P.; ROMANO, Marcelo 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.

NOVACEK, Mitchell J. Twin-Row Production and Optimal Plant Population for Modern Maize Hybrids. 2011. 129 f. Master of Science. University of Nebraska. 2011.

PALHARES, Marcos. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PEIXOTO, Carlos. Espaçamento e população de plantas. 2006. Disponível em: <<http://www.seednews.inf.br/>> Acessado em: 15 jul. 2013.

PENARIOL, Fernando G.; FORNASIERI FILHO, Domingos; COICEV, Luciana; BORDIN, Luciano; FARINELLI, Rogério. Comportamento de cultivares de milho semeadas em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais, na safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 2, n. 2, p. 52- 60, 2003.

PEREIRA, Francisco R. da S.; CRUZ, Simério C. S.; ALBUQUERQUE, Abel W. de; SANTOS, José R.; DA SILVA, Edson T. Arranjo espacial de plantas de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 69–74, 2008.

PORTER, P.M.; HICKS, D.R.; LUESCHEN, W.E.; FORD, J.H.; WARNES, D.D.; HOVERSTAD, T.R. Corn response to row width and plant population in the Northern Corn Belt. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v.10, n° 2, p. 209-210, 1997.

REZENDE, Roberto; FREITAS, Paulo S. L.; MANTOVANI, Everardo C.; FRIZZONE, José A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 4, p. 503-511, 2004.

ROBLES, Mariana; CIAMPITTI, Ignacio A.; VYN, Tony J. Responses of maize hybrids to twin-row spatial arrangement at multiple plant densities. **Agronomy Journal**, Madson, v. 104, n. 6, p. 1747-1756, 2012.

SALISBURY, Frank B.; ROSS, Cleon W. **Plant Physiology**. 2° ED. BELMONT: WADSWORTH, 1994, 682P.

SANGOI, Luís; ALMEIDA, Milton L.; LECH, Vanderlei A.; RAMPAZZO, Clair; GRACIETTI, Luiz C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Sci. agric. [online]**. 2001, vol.58, n.2, pp. 271-276. ISSN 0103-9016.

SANGOI, Luís; DA SILVA, Paulo R. F.; ARGENTA, Gilber; RAMBO, Lisandro. Ecofisiologia da cultura do milho para altos rendimentos. Lages: **Graphel**, 87p. 2010a.

SANGOI, Luis; SCHIMITT, Amauri; ZANIN, Claitson G. **Desenvolvimento e exigências climáticas das plantas de milho para altos rendimentos**. Lages: Graphel, 96p., 2007a.

SANGOI, Luís; SILVA, Paulo R. F. da. Densidade e arranjo populacional em milho. 2006. **Artigo em Hypertexto**. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Densidade/Index.htm>. Acesso em: 21 nov. 2012.

SILVA, Alessandro G. da; CUNHA JUNIOR, Carlos R.; ASSIS, Renato L. de; IMOLESI, Anderson S. Influência da população de plantas e do espaçamento entre linhas nos caracteres agrônômicos do híbrido de milho P30K75 em Rio Verde, Goiás. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 89-96, 2008.

SILVA, Antônio. R. B. **Comportamento de variedades/híbridos de milho (*Zea mays L.*) em diferentes tipos de preparo do solo**. 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu. 2000.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Comissão Química e Fertilidade Do Solo. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10 ed. Porto Alegre, 2004.

STACCIARINI, Thiago de C. V; CASTRO, Pedro H. C. de; BORGES, Maxwell A; GUERIN, Henrique F; MORAES, Paulo A. C; GOTARDO, Mirian. Avaliação de caracteres agronômicos da cultura do milho mediante a redução do espaçamento entre linhas e aumento da densidade populacional. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 4, p. 516-519, 2010.

SYNGENTA Disponível em: < <http://www.syngenta.com> > Acesso em 05 out. 2013.