

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

ZENILSON BALEM

**AVALIAÇÃO DE ESPAÇAMENTO CONVENCIONAL E LINHAS
GÊMEAS SOB DENSIDADE POPULACIONAL PARA CULTURA DO
MILHO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2013

ZENILSON BALEM

**AVALIAÇÃO DE ESPAÇAMENTO CONVENCIONAL E LINHAS
GÊMEAS SOB DENSIDADE POPULACIONAL PARA CULTURA DO
MILHO**

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

Orientador: Prof. Dr. Alcir José Modolo

Coorientador: Prof. Dr. Michelangelo Muzell Trezzi

Coorientador: Msc. Marcio L. Gonçalves

PATO BRANCO
2013

Catálogo na Fonte por Elda Lopes Lira CRB9/1295

B183a Balem, Zenilson

Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho / Zenilson Balem – 2013.
76 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Alcir José Modolo

Coorientador: Michelangelo Müzell Trezzi

Coorientador: Marcio Leandro Gonçalves

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2013.

Bibliografia: f. 64 – 70

1. Linhas gêmeas. 2. Arranjo de plantas. 3. Espaçamento entre linhas. I. Modolo, Alcir José, orient. II. Trezzi, Michelangelo Müzell. coorient. III. Gonçalves, Marcio Leandro. coorient. IV. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. V. Título.

CDD (22.ed.) 630



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



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação nº 072

Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho

por

Zenilson Balem

Dissertação apresentada às quatorze horas do dia vinte e sete de fevereiro de dois mil e treze, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Integração Lavoura-Pecuária, 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.

**M.Sc. Marcio Leandro
Gonçalves**

**Prof. Dr. Evandro Martin
Brandelero
UTFPR/DV**

**Prof. Dr. Michelangelo Müzell
Trezzi
UTFPR/PB**

**Prof. Dr. Alcir José Modolo
UTFPR/PB
Orientador**

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. André Brugnara Soares
Coordenador do PPGAG

* O Termo de aprovação encontra-se na Coordenação do PPGAG.

A minha esposa Flávia, minha filha Cecília. Obrigado pelo apoio e incentivo nos momentos difíceis da minha vida, pelo carinho, dedicação, confiança, paciência e acima de tudo, o amor que vocês me deram nessa fase de minha vida. Minha gratidão, amo vocês!

Aos meus pais Adilson e Zeni Balem, às minhas irmãs Francieli e Adrieli que, sempre estiveram do meu lado e trabalharam incansavelmente, incentivando para a realização de mais esta conquista em minha vida profissional e científica.

E ainda,

[...] A todas as pessoas que trabalham pelo progresso da agricultura brasileira!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida, por sempre me iluminar e me guiar e por ter me privilegiado e proporcionado a realização deste importante curso.

Aos meus pais, minha esposa e minha filha pela dedicação, apoio e compreensão que me fortalecem a cada dia.

Agradeço a Universidade Tecnológica Federal do Paraná, campus de Pato Branco pela oportunidade de frequentar o curso de Pós-Graduação (Mestrado), certamente irá contribuir muito no meu desenvolvimento profissional.

Ao professor Dr. Alcir José Modolo. Para mim, é uma imensa honra tê-lo como orientador nessa caminhada. Obrigado pelos seus ensinamentos, seus preciosos conselhos, e sua inestimável confiança. Com mesmo apreço, meus co-orientadores, Dr. Michelangelo Müzell Trezzi e Msc Marcio Leandro Gonçalves.

Manifesto aqui minha gratidão a todos professores, funcionários e amigos do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (PPGAG) da UTFPR, pela amizade, dedicação e contribuição a minha formação acadêmica.

Agradeço também aos acadêmicos do curso de Agronomia, que oportunamente ajudaram na implantação e condução do experimento, e aos companheiros de trabalho da DuPont – Pioneer Sementes.

A todos meus familiares e amigos, pelo carinho, afeto e cumplicidade passados ao longo do meu desenvolvimento e pela torcida e apoio na realização deste curso.

Enfim, desejo expressar os mais sinceros agradecimentos a todas as pessoas que, neste momento, imerecidamente não foram lembrados e aqui não mencionados, de uma forma ou de outra, sabem que contribuíram e incentivaram a realização deste trabalho.

Nestes dois anos que desenvolvi esta pesquisa foram árdua jornada de desafio, construção e amadurecimento. Nenhum empreendimento é realizado de forma fácil e sem esforço.

Nesse período, aprendi que uma dissertação ou qualquer outro trabalho é a extensão da vida do autor. Então, para que qualquer escrito seja valorizado, à pessoa deve primeiramente criar algo com importância para si. Pessoa e obra são consistentes com o resultado. Por este motivo, agradeço sincera e profundamente a todos que muito me encorajaram e ajudaram a produzir esta obra de valor em minha vida.

E o milho realizava o milagre genético de nascer: germina. Vence os inimigos, aponta aos milagres. Seis grãos na cova. Quatro na regra, dois de quebra, um canudinho enrolado. Amarelo-pálido, frágil, dourado, se levanta. Cria sustância. Passa a verde. Liberta-se. Enraíza, abre folhas espaldeiradas. Encorpa. Encana. Disciplina, Com os poderes de Deus. Jesus e São João desceram de noite na roça, botaram a bênção no milho, e veio com eles uma chuva maneira, criadeira, fininha, uma chuva velhinha, de cabelos brancos, abençoando a infância do milho. (Cora Coralina).

RESUMO

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

O aumento da produtividade da cultura do milho está diretamente ligado às práticas de manejo, principalmente, a manipulação do arranjo espacial de plantas, através de alterações no espaçamento entre linhas, na densidade de plantas e na distribuição de plantas na linha. Estas práticas são importantes para maximizar a interceptação da radiação solar, otimizar o seu uso e potencializar o rendimento de grãos. Nesse contexto, este trabalho tem por objetivo avaliar diferentes espaçamentos entre linhas, convencional e de linhas gêmeas sob densidades de plantas para a cultura do milho (*Zea mays* L.). O estudo foi desenvolvido na área experimental do Curso de Agronomia da UTFPR, *Câmpus* Pato Branco, no ano agrícola 2011/2012. O delineamento utilizado foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial 2x5, com quatro repetições. Os dez tratamentos resultaram da combinação entre dois espaçamentos entre linhas (espaçamento de linhas gêmeas (0,2 x 0,7 m) e espaçamento convencional (0,7 m) e cinco população de plantas (50.000, 65.000, 80.000, 95.000 e 110.000 plantas ha⁻¹). Durante o desenvolvimento da cultura foram avaliados o florescimento feminino, a presença de plantas acamadas e quebradas, a incidência de doenças de colmo e severidade de doenças foliares e de espiga. As avaliações referentes às variáveis biométricas foram avaliadas por meio das alturas de plantas e de inserção da primeira espiga e diâmetro de colmo. As avaliações referentes aos componentes de rendimento foram avaliadas por meio do número de fileiras, número de grãos por espiga, massa de 1000 grãos, massa de espiga e produtividade. A massa de grãos foi corrigida a índices de 13% de umidade. Os dados obtidos foram tabulados e submetidos ao teste "F" da análise de variância. Para os espaçamentos entre linhas, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade. O efeito de população de plantas foi submetido às análises de variância e de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste "t" a 5% de probabilidade, e no coeficiente de determinação. As alturas de plantas e de inserção da primeira espiga não tiveram alteração significativa em função dos tratamentos adotados. O espaçamento entre linhas influenciou significativamente o diâmetro de colmo, o número de fileiras, o número de grãos por espiga, a massa de 1000 grãos, a massa de espiga e a produtividade média da cultura do milho. Sendo que os melhores resultados foram obtidos quando se utilizou o espaçamento linhas gêmeas. A produtividade de grãos respondeu de forma quadrática ao aumento da densidade, indicando que com 91.700 plantas ha⁻¹ é alcançada a máxima eficiência técnica para o híbrido P 30F36H no município de Pato Branco – PR. O híbrido P 30F36H possui adaptabilidade para altas densidades de plantas e para o uso de espaçamentos de linhas gêmeas, para as condições climáticas do município.

Palavras-chave: Linhas Gêmeas. Espaçamento entre linhas. Arranjo de Plantas.

ABSTRACT

BALEM, Zenilson. Evaluation of conventional spacing and twin rows under population density for maize. 2013. 83 f. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2013.

The increase in maize productivity is directly linked to management practices, especially the manipulation of spatial arrangement of plants through changes in row spacing, plant density and distribution of plants in the row. These practices are important to maximize the solar radiation interception, optimize its use and enhance grain yield. In this context, this work aims at assessing different row spacings, conventional and twin-row in plant densities for maize (*Zea mays* L). The study was conducted in the Agronomy Course experimental area of the Federal Technological University of Paraná, Campus Pato Branco, in the agricultural year of 2011/2012. A randomized block design in a 2x5 factorial arrangement with four replications was used. The ten treatments consisted of combinations of two row spacings (twin line spacing (0.2 x 0.7 m) and conventional spacing (0.7 m)) and five plant population (50,000, 65,000, 80,000, 95,000 and 110,000 plants ha⁻¹). During the development of the culture were evaluated female flowering, the presence of broken and lodged plants, the incidence of stalk disease and the severity of leaf and ear diseases. Assessments regarding biometric variables were evaluated by measuring the plant height, the insertion of the first ear and the stalk diameter. Assessments related to yield components were evaluated by the number of rows, number of kernels per ear, 1,000 grain mass, mass of ears and productivity. The grain mass was corrected to 13% moisture. Data were tabulated and submitted to the "F" test of analysis of variance. For row spacings, means were compared by *Tukey* test at 5% probability. The effect of plant population was subjected to analysis of variance and regression. The models were chosen based on the significance of the regression coefficients, using the "t" test at 5% probability and on the coefficient of determination. The plant and first ear heights had no significant change due the treatments. The row spacing significantly influenced the stalk diameter, number of rows, number of grains per ear, 1,000 grain mass, the mass of ears and the average productivity of maize, given that the best results were obtained when using the spacing twin-rows. Grain yield responded quadratically to increasing density, indicating that with 91,700 plants ha⁻¹ would be achieved maximum technical efficiency for hybrid P30F36H in Pato Branco - PR. The hybrid P30F36H has adaptability to high plant densities and to the use of twin row spacing in the climatic conditions of this municipality.

Keywords: Twin-Row. Row Spacing. Plant Arrangement.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Semeadora equipada com o sistema <i>Precision Seed System</i> , adaptada para plantio de milho em linhas gêmeas.	27
FIGURA 2	Vista geral da área experimental utilizada para a implantação do experimento. Pato Branco – PR (2011).	28
FIGURA 3	Dados meteorológicos referentes a temperatura do ar (máxima, mínima e média) e precipitação pluvial, registrados durante o período de condução do experimento. Pato Branco-PR (2011/2012).	29
FIGURA 4	Dados meteorológicos referentes à umidade relativa média e velocidades dos ventos (média e máximas incidentes), registrados durante o período de condução do experimento. Pato Branco - PR (2011/2012).	30
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. Pato Banco – PR (2011).	31
FIGURA 6	Croqui da área experimental, com a distribuição dos tratamentos. Pato Branco – PR (2011).	33
FIGURA 7	Esquematização da parcela experimental no espaçamento entre linhas convencional, com espaçamento de 0,7 m entre as linhas de milho. Pato Branco – PR (2011).	34
FIGURA 8	Esquematização da parcela experimental no espaçamento linhas gêmeas, 0,2 x 0,7 m entre as linhas de milho. Pato Branco – PR (2011).	35
FIGURA 9	Abertura do sulco de plantio e distribuição de fertilizante na área experimental. A) espaçamento linhas gêmeas; B) espaçamento linhas convencionais. Pato Branco – PR (2011).	36
FIGURA 10	Altura de plantas da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).	46

FIGURA 11	Altura de inserção da primeira espiga da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).	48
FIGURA 12	Vista superior do desenvolvimento inicial da cultura do milho safra 2011/2012, A) Dossel – Linhas gêmeas; B) Dossel Linhas convencional. Pato Branco – PR.	49
FIGURA 13	Diâmetro de colmo da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).	50
FIGURA 14	Número de fileira por espiga da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).	52
FIGURA 15	Número de grãos por espiga da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).	54
FIGURA 16	Valores médios obtidos da massa de 1000 grãos (g) da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).	56
FIGURA 17	Valores médios da massa da espigas (g) da cultura do milho em função do aumento de população de plantas. Pato Branco – PR (2012).	57
FIGURA 18	Valores médios de produtividade de milho em função do aumento de população de plantas. Pato Branco – PR (2012).	60

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Características químicas do solo da área experimental na camada de 0 a 0,2 m de profundidade, observadas antes da realização do experimento. Pato Branco – PR (2011).	31
TABELA 2	Principais características agrônômicas do híbrido de milho P 30F36H, utilizado no trabalho. Pato Branco – PR (2012).	32
TABELA 3	Relação e designação dos tratamentos. Pato Branco – PR (2011).	34
TABELA 4	Número de plantas de milho por metro linear e distância entre plantas na linha de semeadura após o desbaste para os diferentes arranjos espaciais. Pato Branco - PR (2011).	37
TABELA 5	Síntese da análise de variância para as variáveis biométricas da cultura do milho: Altura de plantas (AP); Altura de inserção da primeira espiga (AIE) e Diâmetro do colmo (DC) e efeitos da regressão para a população de plantas em função dos diferentes espaçamentos entre linhas e populações de plantas. Pato Branco – PR (2012).	44
TABELA 6	Valores médios da altura de plantas (m) da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).	45
TABELA 7	Valores médios da altura de inserção da primeira espiga (m) da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).	47
TABELA 8	Valores médios do diâmetro de colmo (mm) da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).	48
TABELA 9	Síntese da análise de variância para as variáveis dos componentes de rendimento e produtividade da cultura do milho: número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por espiga (NGE), massa de 1000 grãos (MGr), massa de espiga (ME), produtividade (P) e efeitos da regressão para a população de plantas em função dos diferentes espaçamentos entre linhas e populações de plantas. Pato Branco- PR (2012).	51

TABELA 10	Valores médios do número de fileiras por espiga da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).	51
TABELA 11	Valores médios do número de grãos por espiga da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).	53
TABELA 12	Valores médios da massa de 1000 grãos (g) da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).	55
TABELA 13	Valores médios da massa de espiga (g) em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).	56
TABELA 14	Valores médios da produtividade da cultura do milho (kg ha^{-1}) em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).	58

LISTA DE SIGLAS

BR	Brasil - Federação
CEPA	Centro de Ensino e Pesquisa Aplicado
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
USA	Estados Unidos da América – Federação
CO ₂	Gás Carbônico
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
ONG	Organização não Governamental
SEAB	Secretaria da Agricultura e do Abastecimento
SECEX	Secretaria do Comércio Exterior
SIMEPAR	Sistema Meteorológico do Paraná
PR	Unidade da Federação – Paraná
USDA	United States Department of Agriculture
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

KCl	Cloreto de potássio
CV%	Coeficiente de Variação
e.a.	Equivalente ácido
R	Estádio fenológico reprodutivo
V	Estádio fenológico vegetativo
ha	Hectare
L	Litros
%	Por cento
Kg ha ⁻¹	Quilo gramas por hectare
Trat.	Tratamentos
U%	Umidade dos grãos
°C	Unidade de medida de temperatura: graus Celcius
U. exp.	Unidade experimental
cm	Unidade Internacional de medida: centímetro
g	Unidade Internacional de medida: grama
Km	Unidade Internacional de medida: kilometro
m	Unidade Internacional de medida: metro
mm	Unidade Internacional de medida: milímetro
Kg	Unidade Internacional de medida: quilo grama
t	Unidade Internacional de medidas: toneladas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	20
2.1	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO.....	20
2.2	IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO MLHO.....	21
2.3	ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS.....	23
2.4	SISTEMA <i>TWIN-ROW</i> OU LINHAS GÊMEAS.....	25
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1	ÁREA EXPERIMENTAL.....	28
3.2	CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS.....	28
3.3	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO.....	30
3.4	CARACTERIZAÇÃO DO HÍBRIDO.....	31
3.5	TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	33
3.6	PARCELAS EXPERIMENTAIS.....	34
3.7	IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	35
3.7.1	Tratos culturais.....	37
3.8	AVALIAÇÕES FITOTÉCNICAS.....	38
3.8.1	Caracteres morfológicos de plantas.....	38
3.8.1.1	Florescimento.....	38
3.8.1.2	Quebramento e acamamento de plantas.....	38
3.8.1.3	Altura de planta.....	38
3.8.1.4	Altura de inserção da espiga.....	39
3.8.1.5	Diâmetro de colmo.....	39
3.8.1.6	Número de plantas com senescência antes da maturação fisiológica.....	39
3.8.1.7	Avaliação de doenças causadas por fungos fitopatogenicos.....	39
3.8.2	Caracteres de espiga e componentes de produção.....	40
3.8.2.1	População final de plantas.....	40
3.8.2.2	Número de fileira de grãos por espiga.....	40
3.8.2.3	Número de grãos por fileira.....	40
3.8.2.4	Número de grãos por espiga.....	40
3.8.2.5	Massa da espiga.....	40
3.8.2.6	Rendimento de grãos e massa de 1000 grãos.....	41
3.9	ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	43
4.1	PARÂMETROS RELACIONADOS ÀS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS.....	44
4.1.1	Altura de plantas.....	45
4.1.2	Altura de inserção primeira espiga.....	47
4.1.3	Diâmetro do colmo.....	48
4.2	COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA.....	50
4.2.1	Número de fileiras de grãos por espiga.....	51
4.2.2	Número de grãos por espiga.....	53
4.2.3	Massa de 1000 grãos.....	54
4.2.4	Massa de espiga.....	56
4.2.5	Produtividade média da cultura.....	58

4.3	CONCLUSÕES.....	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	63
6	REFERÊNCIAS.....	64
	APÊNDICES.....	71

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) representa um dos principais e mais tradicionais cereais cultivados em todo o Brasil, ocupando de maneira crescente posições significativas quanto ao valor da produção agropecuária, especialmente nos sistemas de produção mais aprimorados baseados na semeadura direta e na rotação de culturas. Com o crescente aumento do consumo mundial de milho, tanto para uso humano quanto animal e atualmente para atender a demanda energética, existe uma pressão cada vez maior para o aumento do rendimento desse cereal. Contudo, o rendimento de grãos do milho é complexo e depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo.

No Brasil, o rendimento médio do milho é baixo, em decorrência de fatores ligados à fertilidade do solo, arranjo espacial de plantas, uso de genótipos e práticas de manejo inadequadas. Contudo, por conta de características fisiológicas, a cultura tem potencial produtivo aproximado de seis vezes à média brasileira das últimas safras, em torno de 4.000 kg ha⁻¹ (SANGOI et al., 2010a).

O milho provavelmente é a gramínea mais sensível à variação no arranjo espacial de plantas. Desta forma, esta tem se tornado uma das práticas culturais com maior interferência no rendimento de grãos. A promoção da redução de espaçamento entre linhas e o aumento na distância entre plantas na linha otimiza o uso dos fatores de produção como água, luz e nutrientes. Porém, essas práticas devem ser estudadas localmente antes de serem adotadas, uma vez que podem requerer altos investimentos em máquinas e insumos.

A cultura do milho é uma das mais estudadas no mundo, seja do ponto de vista genético ou de alternativas de manejo mais eficientes para obtenção do máximo potencial produtivo. Nos últimos anos, estudos objetivando a determinação do melhor arranjo espacial de plantas para essa cultura, têm sido discutidos com maior frequência. Não há uma recomendação singular de densidade de semeadura e de espaçamento ideal para todas as condições, já que o arranjo ótimo, em geral, apresenta variação, pois está intimamente ligado à região, à época de semeadura, ao sistema de cultivo, à fertilidade do solo e sofre interferência dos fatores ambientais e da escolha do genótipo, entre outros. No entanto, atualmente busca-se o melhor arranjo de plantas, aquele que proporcione uma distribuição uniforme na linha de semeadura, possibilitando melhor utilização da luz incidente, da água e dos

nutrientes.

Em virtude das modificações morfológicas introduzidas recentemente nos genótipos de milho, tais como menor altura de planta e de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, menor duração do subperíodo pendramento-espigamento e plantas com folhas de angulação mais ereta, torna-se necessário reavaliar a recomendação de arranjo espacial de plantas (densidade de plantas, espaçamento entre linhas e arranjo de linhas).

Diante do exposto, propôs-se o presente estudo avaliar diferentes alternativas de espaçamento entre linhas e densidades de plantas para cultura do milho (*Z. mays* L.).

Os objetivos específicos consistiram em:

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

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO MILHO

O milho é uma planta pertencente à família Poaceae. O caráter monóico e a sua morfologia característica resultam da supressão, condensação e multiplicação de várias partes da anatomia básica das gramíneas. Os aspectos vegetativos e reprodutivos da planta de milho podem ser modificados através da interação com os fatores ambientais que afetam o controle da ontogenia do desenvolvimento. Contudo, o resultado geral da seleção natural e da domesticação foi produzir uma planta anual, robusta e ereta, com um a quatro metros de altura, que é esplendidamente “construída” para a produção de grãos (MAGALHÃES et al., 2002).

Atualmente, são cultivados aproximadamente 159,3 milhões de hectares com a cultura, sendo os Estados Unidos o maior produtor com cerca de 328,2 milhões de toneladas (USDA, 2012). Dentro da evolução mundial da produção de milho, o Brasil tem se destacado como terceiro maior produtor, ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da China (CONAB, 2012). Apesar de estar entre os maiores produtores, o Brasil não se destaca entre os países com maior nível de produtividade, devido a fatores como estresse hídrico, ocorrência de doenças, manejo deficiente e cultivares não adaptadas (CEPA, 2012).

A planta de milho é uma gramínea C4, tendo interação muito grande com o ambiente, principalmente em relação à disponibilidade de água, a qual necessita em média de 600 mm para completar o seu ciclo (GONÇALVES, 2008). O alto consumo de água ocorre devido à sua alta produção de massa seca e ao fato de ser um cereal de estação estival (SANGOI et al., 2010a).

O efeito da falta de água, associado à produção de grãos é importante em três estágios de desenvolvimento da planta: a) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, quando o número potencial de grãos é determinado; b) período de fertilização, pois a água é importante para evitar a desidratação de grão de pólen e garantir o desenvolvimento e penetração do tubo polínico e, c) enchimento de grão, quando ocorre o aumento na deposição de matéria seca, a falta de água afeta a taxa fotossintética (FANCELLI & DOURADO NETO, 2004).

Magalhães e Silva (1987), citam que o efeito da deficiência de água sobre o crescimento das plantas e à produção de grãos é correlacionado com a redução da disponibilidade de CO₂ para a fotossíntese e fogem na limitação dos processos de alongação celular. Ainda segundo os autores, a redução do crescimento foliar ocasiona a diminuição dos sítios de utilização dos produtos fotossintetizados, os quais, por sua vez podem influenciar a taxa de fotossíntese.

Embora, o clima seja responsável pela maior parte da variação do efeito ambiental sobre o rendimento de grãos, pode-se alterar o ambiente através da adoção de práticas de manejo adequadas (SANGOI et al., 2010b).

2.2 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DO MILHO

Segundo a CONAB (2012), dentre os cereais cultivados no Brasil, o milho é o mais expressivo, com cerca de aproximadamente 72 milhões de toneladas de grãos produzidos, em uma área de aproximadamente 15 milhões de hectares. Sendo o estado do Paraná é responsável por 23% dessa produção, com uma área cultivada de 3,0 milhões de ha. Segundo SEAB (2012) o milho está presente em 20% da área agricultável do Sudoeste do Paraná, ocupando aproximadamente 147 mil hectares. Ainda, segundo o autor, a produtividade média na região é de 8.500 kg ha⁻¹, superior à média brasileira. Apesar da expressiva produção, a região Sudoeste importa milho de outras regiões, principalmente do Oeste do Paraná e do Paraguai (SEAB, 2012). O sistema de produção da região consiste em produção de grãos que subsidiou as atividades zootécnicas, tais como a pecuária leiteira e a produção de aves e de suínos, as quais são predominantes na região e uma das principais consumidoras de milho.

A cultura do milho está entre as mais importantes do mundo, em função de seu rendimento de grãos, composição química e valor nutritivo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004). Sua grande importância econômica é caracterizada principalmente pelas diversas formas de utilização, que vão desde a alimentação animal até a industrialização. Cerca de 70% da produção mundial é destinada à alimentação animal e apenas 15% ao consumo humano, de forma direta ou indireta (PAES, 2006). Atualmente, em virtude da quantidade de reservas acumulada nos grãos, o cereal está sendo utilizado em larga escala na produção de etanol (DEMÉTRIO, 2008).

Apesar do milho em grão não ter participação tão expressiva na alimentação humana, seus derivados constituem fator importante em regiões de população de baixa renda, principalmente onde existe predominância de minifúndios (DUARTE, 2000).

Por suas características fisiológicas, a cultura do milho apresenta alto potencial produtivo, já tendo sido obtida produtividade superior a 25.000 kg ha⁻¹ em concursos de produtividade conduzidos por órgãos de assistência técnica e extensão rural e por empresas produtoras de sementes na safra normal ou de verão (SANGOI et al., 2010a). No entanto segundo o autor, a produtividade média nacional é considerada baixa, situada entre 3.500 a 4.100 kg ha⁻¹ nas últimas safras. Esta lacuna existente entre o rendimento médio em lavouras comerciais e o que é obtido em concursos de produtividade pode ser atribuída a várias causas, entre elas o uso de genótipo de baixo rendimento e/ou não adaptados à região de cultivo, a aplicação de baixas doses de fertilizantes, época de semeadura imprópria e, escolha inadequada do arranjo de plantas (SANGOI et al., 2010a).

Os principais países produtores e fornecedores de milho no mercado mundial são basicamente os Estados Unidos, China e Brasil, a Argentina apesar de não ser um grande produtor desse cereal, consiste em um importante fornecedor de milho (USDA, 2012). Ainda, segundo o autor, os Estados Unidos e a Argentina apresentam vantagem em relação ao escoamento do milho comparado ao Brasil, por apresentar uma logística favorável, decorrente das excelentes estruturas de transporte, no caso dos Estados Unidos, e proximidade dos portos para escoar a produção para a Argentina. O Brasil também possui uma fatia do mercado mundial, porém, as deficiências da estrutura de transporte até os portos e a instabilidade cambial têm prejudicado o país no comércio internacional de milho (SECEX, 2012).

O principal importador do milho brasileiro (grão e farelo) é o Irã com 50,5% do volume exportado, seguido pelo Egito com 14,1% do volume total de 9,41 milhões de toneladas (SECEX, 2012).

Na safra 2011/2012, a demanda mundial de milho foi superior a 970 milhões de toneladas, 15,2% inferior à produção total, que foi de 1,1 bilhões de toneladas. Os Estados Unidos são os maiores consumidores, com 32,7% do consumo mundial do cereal (USDA, 2012).

Para as safras 2012/2013 e 2013/2014 existe tendência de aumento da área plantada e que as exportações brasileiras batam recordes, principalmente

estimuladas pela redução da produção americana, estimada em mais de 100 milhões de toneladas (USDA, 2012), seguidas da valorização da *commoditie*. Apesar disso, poderão surgir restrições de demanda no mercado interno devido a altos preços, isso causa redução da margem nos setores avícola e suinícola, provocando redução de plantel.

2.3 ARRANJO ESPACIAL DE PLANTAS

O rendimento médio de grãos obtido com a cultura do milho no Brasil é considerado baixo, quando comparado ao de outros países (SANGOI et al., 2010a). A baixa produtividade está relacionada a várias causas, dentre as quais se destacam os fatores relacionados à fertilidade do solo e arranjo das plantas (RIZZARDI et al., 1994), uso de cultivares com potencial produtivo limitado, deficiência na disponibilidade de água e de nutrientes, época de semeadura inadequada, controle deficiente de pragas (SANGOI et al., 2010b), e plantas daninhas (VIDAL, 2010). Pode-se ainda destacar como fator interferente na produtividade, a densidade de plantio, que pode ser definida como o número de plantas por unidade de área.

O arranjo de plantas é uma das práticas de manejo importante, para potencializar o rendimento de grãos de milho (NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006), podendo contribuir para aumentar a eficiência do uso da radiação solar (SANGOI et al., 2010b) e aumentar ou diminuir a taxa fotossintética e a respiração do dossel (MAGALHÃES et al., 2002).

A distribuição das plantas na área, principalmente a distância entre as linhas de plantio pode alterar a arquitetura da planta e o ângulo foliar (NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006). Estas são variáveis ligadas diretamente a taxa fotossintética (quantidade e qualidade da luz absorvida) (SANGOI et al., 2010b). Por isso, conhecer as características do híbrido ou variedade que será utilizada é imprescindível para o sucesso da lavoura, uma vez que, a adequação do arranjo de plantas na área pode interferir positiva ou negativamente no rendimento da cultura.

As recomendações de arranjo de plantas em milho foram alteradas ao longo do tempo, à medida que modificações de ordem genética, fisiológica, bioquímica e anatômica foram incorporadas na planta pelos programas de melhoramento, juntamente com as mudanças de manejo da cultura (SANGOI, 2000).

No Brasil, na década de 40 aconteceu o advento dos híbridos duplos, buscando aumentar a produção (SANGOI et al., 2010b).

A migração das variedades de polinização aberta para os híbridos de milho determinou avanços expressivos no cultivo desse cereal (SANGOI et al. 2010a). Aumentou-se o uso de fertilizantes, principalmente os nitrogenados, também melhorou o controle de pragas e plantas daninhas, e principalmente resultou no aumento na densidade de plantas (ARGENTA et al., 2001b). Em decorrência desse aumento no número de plantas por unidade de área, houve a necessidade de melhorar a distribuição espacial destas, possibilitando maior uniformidade das plantas (SANGOI et al., 2010b).

Estudos demonstram que a distribuição equidistante de plantas na área aumenta a capacidade competitiva da cultura, principalmente sobre as plantas daninhas. De acordo com os autores essa prática aumenta a quantidade de luz interceptada nas fases iniciais de desenvolvimento, resultando no aumento da taxa de crescimento, menor stress por competição nos estádios iniciais da cultura, resultando em maiores produtividades de grãos e matéria seca (NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006).

Dentre as diversas práticas culturais, 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).

A utilização do espaçamento reduzido tem potencial para maiores rendimentos de grãos em altas densidades (NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006). Em trabalho conduzido na Universidade de Cornell, nos Estados Unidos, Cox e Cherney (2001) verificaram que o rendimento do milho foi 7,5% superior quando utilizado essa prática de manejo em comparação ao espaçamento convencional. Neste estudo, os autores observaram que os produtores podem obter todos os benefícios da maior produção de matéria seca associado ao espaçamento reduzido com gerenciamento do nitrogênio semelhante ao do espaçamento convencional.

O incremento no número de indivíduos por unidade de área (densidade de plantas) é uma das formas mais fáceis e eficientes de se aumentar a produtividade final de grãos (SANGOI et al., 2002a), pois pequenas alterações na população podem resultar em aumentos significativos na produtividade (SILVA et al.,

2006). Segundo Sangoi et al. (2002a), esta resposta está associada ao fato de que o milho não possui mecanismo de compensação eficiente. Ainda segundo os autores, diferentemente de outras espécies da família das Poáceas, a planta de milho apresenta pequena capacidade de emissão de afilhos férteis, também apresenta limitada capacidade de expansão foliar e baixa prolificidade.

Segundo Silva et al. (2006) ao adequar a densidade de plantas de acordo com o manejo e a necessidade da cultivar é de extrema importância para obter-se altos rendimentos, já que consiste em uma das práticas culturais de maior interferência no rendimento de grãos de milho, devido à baixa capacidade de emissão de afilhos férteis, à sua organização floral monóica e ao curto período de florescimento do cereal.

Para Germano et al. (2007) a recomendação da densidade ideal de plantas por unidade de área deve considerar o ciclo de desenvolvimento, estatura da planta, tamanho de folha, área foliar e o tempo necessário para fechamento do dossel (características morfológicas) e, sistema de manejo adotado. Esses fatores sinalizam que híbridos de folhas eretas e ciclo mais curto possibilitam o uso de maiores densidades de plantas.

A densidade recomendada para as cultivares modernas varia de 50.000 a 70.000 plantas ha^{-1} , com espaçamento entre linhas de 0,70 a 0,80 m, podendo chegar a 85.000 plantas ha^{-1} em espaçamentos reduzidos de 0,45 a 0,60 m (PIONEER SEMENTES, 2012).

O uso de espaçamento reduzido e maior densidade de plantas na cultura do milho, já vêm sendo estudado há muito tempo, porém, apenas recentemente vem sendo adotado de forma mais ampla pelos produtores do cereal (PEREIRA et al., 2008). Ao adotar espaçamentos reduzidos, tem-se como objetivo maximizar a interceptação da radiação solar pelas estruturas fotossinteticamente ativas das plantas (folhas) (NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006).

2.4 SISTEMA *TWIN-ROW* OU LINHAS GÊMEAS

O sistema *Twin-row* ou linhas gêmeas consiste em uma forma de distribuição de plantas onde se busca aumentar a distância entre as plantas sem afetar o fenótipo das mesmas e aumentar a produtividade, por proporcionar menor competição na linha.

Outra possível vantagem das linhas gêmeas é aumentar o número de plantas por unidade de área sem afetar as variáveis fitotécnicas. O plantio de linhas gêmeas ou duplas promove uma distribuição de plantas mais equidistante do que no plantio com linhas convencional ou simples.

No Brasil não há registro da utilização deste sistema em lavouras comerciais de produção de milho, já nos Estados Unidos em 2009, 0,2% das lavouras comerciais foram plantadas nesse sistema (THOMAS; MAHANNA, 2013).

Estudos conduzidos por Cox et al. (2006) constataram que o espaçamento entre as linhas (convencional ou linhas gêmeas) não afetou a altura média das plantas, tanto no estágio V8 como no estágio de maturação fisiológica. No entanto, observaram que o rendimento de grãos foi superior no arranjo com linhas gêmeas (*Twin-row*) de milho em comparação com o arranjo com linhas convencionais. Os autores atribuíram o resultado ao fechamento mais rápido do dossel, possibilitando melhor aproveitamento da radiação solar e conseqüentemente aumentando a quantidade de fotoassimilados acumulados no colmo. Segundo Nummer Filho e Hentschke (2006), o crescimento inicial mais acelerado da planta possibilita maior interceptação da radiação solar, conseqüentemente vantagens competitivas e maiores taxas fotossintéticas, resultando em maior acúmulo de fotoassimilados.

Em trabalho conduzido com milho no vale do Shenandoah, na Virgínia e Virgínia Ocidental, Brian (2010) verificou aumento de 12,5% no rendimento de grãos quando utilizado o arranjo de linhas gêmeas em relação ao arranjo de linhas convencionais. Este rendimento foi consistente nas duas safras em que o experimento foi conduzido. O autor observou ainda, por meio de avaliação visual, que as plantas no espaçamento de linhas gêmeas expressaram o efeito da estiagem em menor intensidade. Concluindo que esse arranjo de plantas proporciona maiores rendimentos, uma vez que o mesmo proporciona maior eficiência no uso da água e desenvolvimento mais rápido do dossel.

Segundo Kratochvil e Taylor (2005), diversas Universidades nos Estados Unidos estão desenvolvendo pesquisas relacionadas a esse assunto e os resultados obtidos até o momento são divergentes. Em Ohio, ao longo de três anos de estudo, os resultados foram favoráveis ao espaçamento de linhas gêmeas quando comparados ao espaçamento de linhas convencionais, superioridade de 4 a 15%. Os autores ainda citam que relatórios das Universidades da Pensilvânia e

Mississippi não indicam diferenças significativas entre os espaçamentos entre linhas. Ainda, em Maryland, a produção de milho foi inferior no espaçamento de linhas gêmeas quando comparados ao de linha convencional

Recentemente a Great Plains Manufacturing (Salina, KS), desenvolveu o sistema de plantio "*Precision Seed System*". Esse sistema permite distribuir sementes de várias espécies, inclusive milho com espaçamento variável entre linhas, a partir de 7,5 cm. Esta flexibilidade permite várias combinações para o sistema de linhas gêmeas (Figura 1), necessitando pesquisas para definir as melhores combinações.

Os resultados das lavouras comerciais nos Estados Unidos que utilizam o arranjo de linhas gêmeas para plantio de milho mostram rendimentos superiores quando comparados ao arranjo de linhas convencional, variando de 370 a 1.560 kg ha⁻¹ (PLANTERS, 2012). No entanto, pesquisadores da Universidade de Cornell constataram que implantar esse sistema de distribuição de linhas de plantio nas semeadoras representa um custo adicional, viabilizado com plantio de áreas superiores a 242,8 ha.



Figura 1 - Semeadora equipada com o sistema *Precision Seed System*, adaptada para plantio de milho em linhas gêmeas.

Fonte: Planters (2012).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido na safra de verão 2011/2012 na área experimental do Curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Pato Branco, situada a aproximadamente 26°16'36" de latitude Sul e 52°41'20" de longitude Oeste de Greenwich, com altitude média de 769 m.

A área experimental (Figura 2) é cultivada com sistema plantio direto, e esteve ocupada com milho na safra de verão 2010/2011 e aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) na safra inverno 2011.



Figura 2 - Vista geral da área experimental utilizada para a implantação do experimento. Pato Branco – PR (2011).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO CLIMA E DADOS CLIMÁTICOS

O clima predominante na região, segundo a classificação de Koppen é tipo Cfa, 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%, a insolação média totaliza 2516 horas de sol ao ano (Período: 1979 - 2011) (IAPAR, 2012).

Os dados meteorológicos registrados durante a condução do experimento foram coletados durante o plantio de 20 de outubro de 2011 a 26 de abril de 2012 são apresentados nas Figuras 3 e 4. Os dados foram obtidos a partir do Instituto Tecnológico Simepar, distante a 8,0 km do local de realização do experimento.

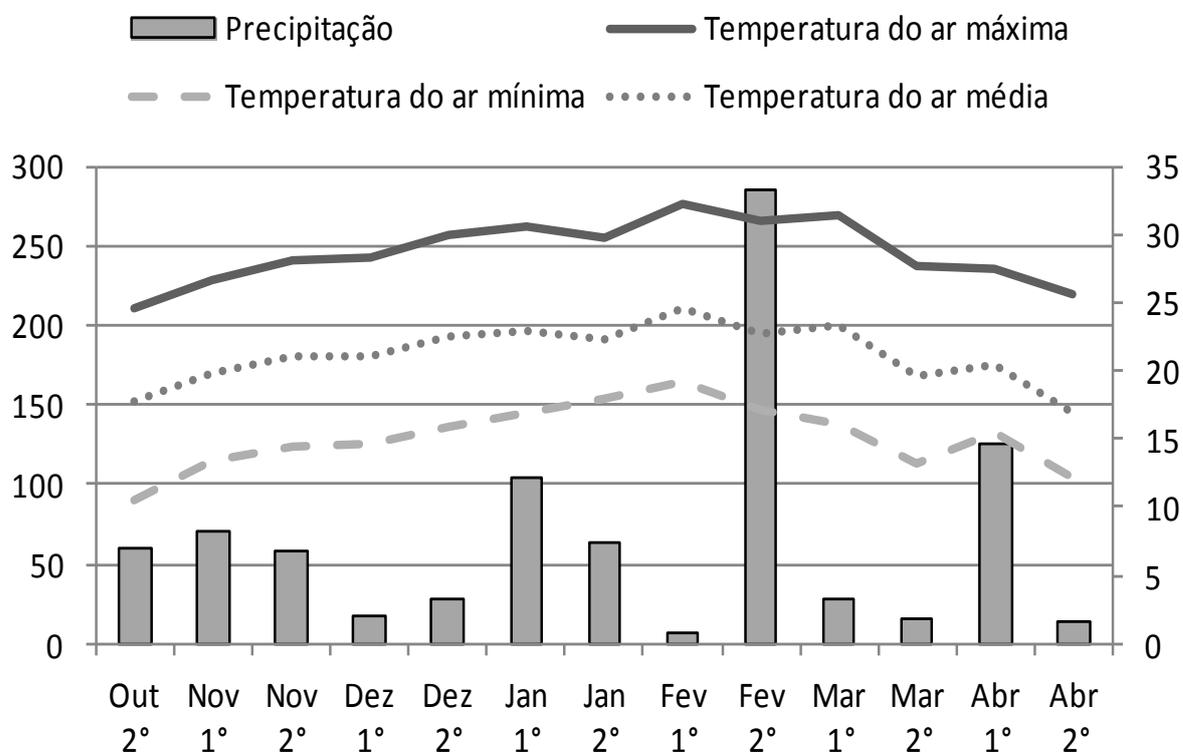


Figura 3 - Dados meteorológicos referentes a temperatura do ar (máxima, mínima e média) e precipitação pluvial, registrados durante o período de condução do experimento. Pato Branco- PR (2011/2012).

Fonte: Instituto Tecnológico do Simepar (2012).

1°: primeira quinzena. 2°: segunda quinzena.

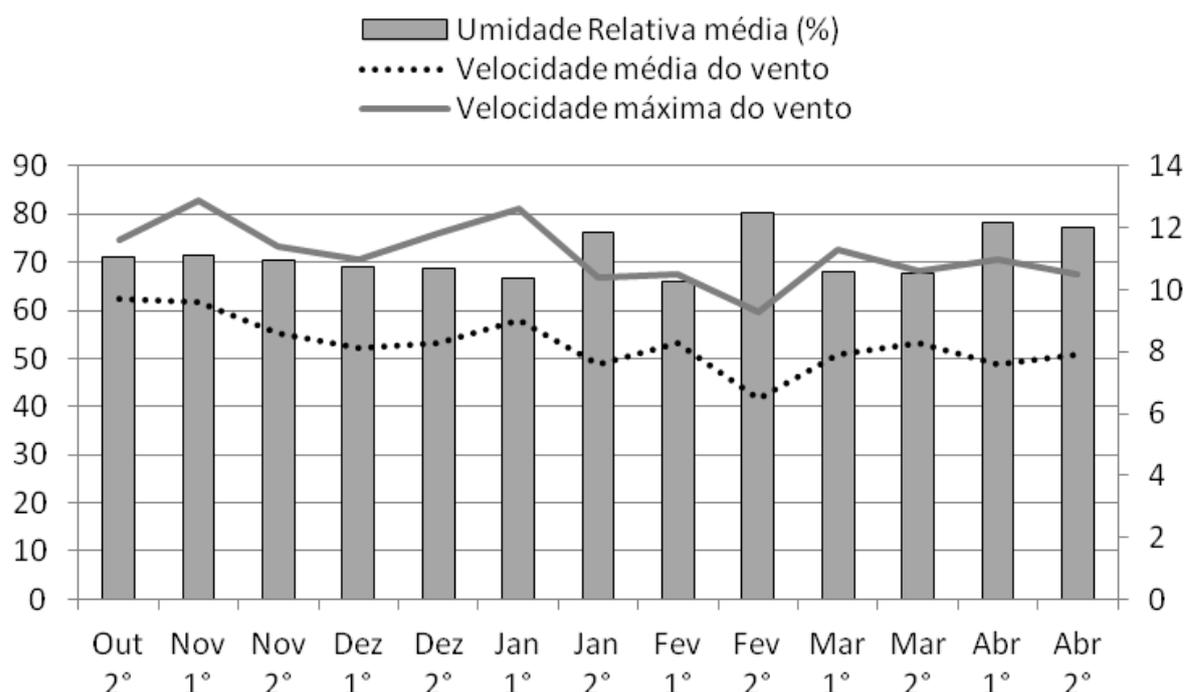


Figura 4 - Dados meteorológicos referentes a umidade relativa média e velocidades dos ventos (média e máximas incidentes), registrados durante o período de condução do experimento. Pato Branco- PR (2011/2012).

Fonte: Instituto Tecnológico do Simepar.

1°: primeira quinzena. 2°: segunda quinzena.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DO SOLO

O solo predominante da área, conforme a denominação do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), é classificado como Latossolo Vermelho distroférico, com textura muito argilosa (77,40% de argila, 20,31% de areia e 2,29% de silte).

Antes da instalação do experimento, foram realizadas amostragens do solo da área na camada de 0 a 0,2 m de profundidade para análise química, baseada para recomendação de adubação de base conforme metodologia descrita pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Comissão de 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, observadas antes da realização do experimento. Pato Banco – PR (2011).

MO	P	K	Ca	Mg	SB	pH	Índice SMP
g dm ⁻³	----- mg dm ⁻³ -----		-----cmol _c dm ⁻³ -----			CaCl ₂	
44,25	25,02	326,49	5,66	3,72	10,21	6	6,4

Al ³⁺	H+Al	V	Sat. Al	Cu	Fe	Zn	Mn
-----cmol _c dm ⁻³ -----		(%)	(%)	-----		mg dm ⁻³ -----	
0,00	3,66	73,65	0,00	2,19	22,69	2,76	68,79

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 da CTC = 13,87

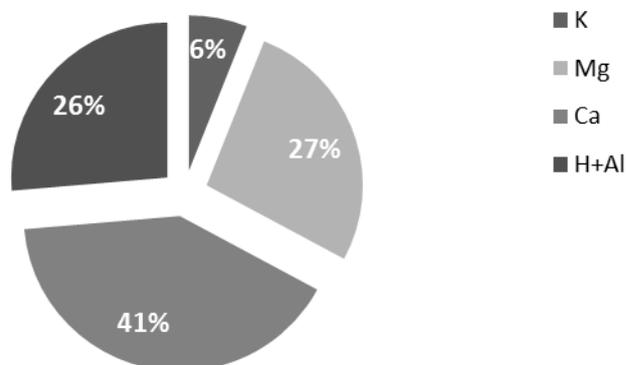


Figura 5 - Percentagem dos valores de K, Mg, Ca e H+Al em relação a CTC na camada de 0 a 0,2 m de profundidade. Pato Banco – PR (2011).

3.4 CARACTERIZAÇÃO DO HÍBRIDO

Utilizou-se o híbrido 30F36H de finalidade granífera recomendado para o cultivo na região, cujas características agrônômicas e reações as principais doenças, de acordo com a empresa produtora das sementes de PIONEER SEMENTES (2012), estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 - Principais características agronômicas do híbrido de milho P 30F36H, utilizado no trabalho.

Características	P 30F36H
Tipo	Simplex
Ciclo	Precoce
Acúmulo térmico (GDU) ¹	1644
Stay Green	Bom
Arquitetura Foliar	Semi-ereta
Resposta ao manejo	Excelente
Região de aptidão	Sul
Textura de grão	Semi-duro
Cor de grão	Alaranjado
Resistência ao acamamento	Boa
Época de semeadura preferencial	Cedo e Normal
Tecnologia	Alta
População (plantas ha ⁻¹)	60.000 a 80.000
Tolerância a redução de espaçamento	Excelente
<i>Puccinia sorghi</i>	MR
<i>Puccinia polysora</i>	MS
<i>Exserohilum turcicum</i>	MR
<i>Phaeosphaeria</i>	MS
<i>Maydis</i>	
<i>Corn stunt</i>	R
Doenças de grão	MR
Doenças de colmo	MR
<i>Cercospora zeae-maydis</i>	MR

Fonte: Pioneer Sementes (2012).

*Legenda: MS – moderadamente susceptível; MR – moderadamente resistente; R – Resistente; (1) acúmulo de temperatura (unidade térmica) no período emergência-maturação fisiológica.

O híbrido possui tecnologia de proteção contra insetos-pragas da ordem Lepidóptera (*Herculex I*), tolerância ao herbicida Glufosinato de amônio (Liberty Link) e requer 1644 graus-dia para completar o ciclo, divididos em 791 na fase vegetativa e 854 na fase reprodutiva (PIONEER SEMENTES, 2012).

3.5 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados, em esquema fatorial 2 x 5, com quatro repetições (Figura 6), totalizando 10 tratamentos e 40 unidades experimentais.

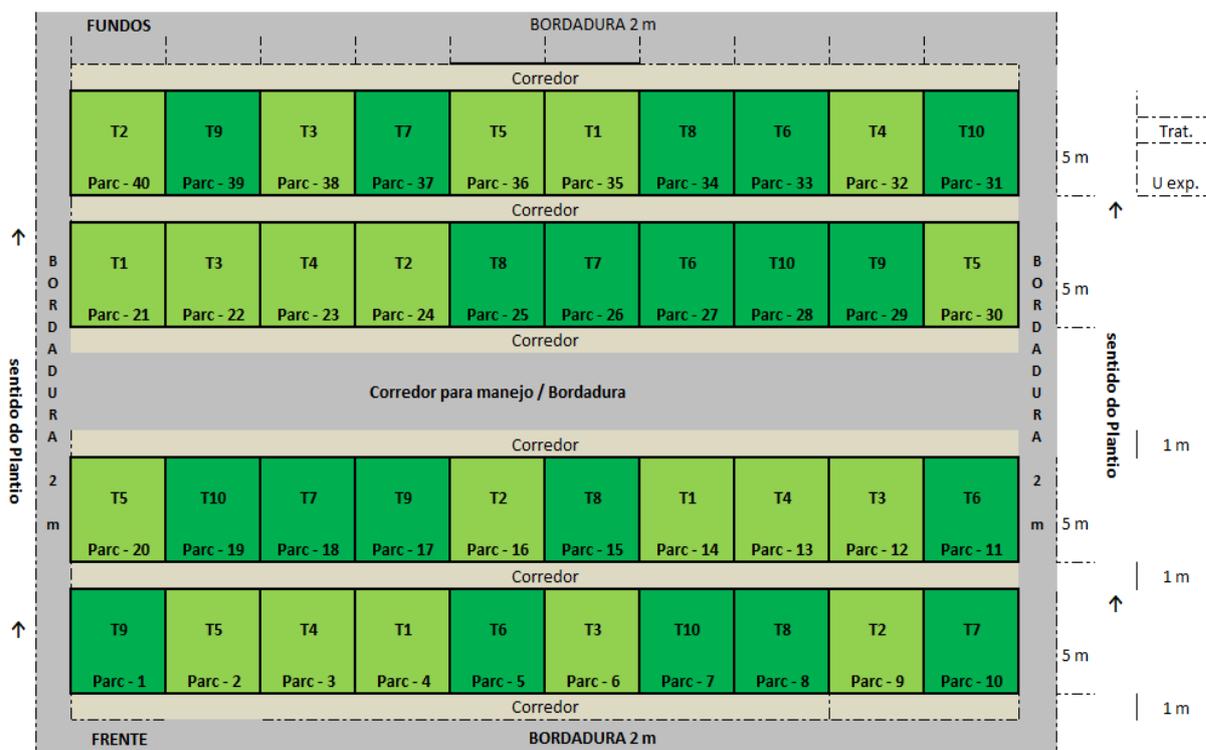


Figura 6 - Croqui da área experimental com a distribuição dos tratamentos. Pato Branco – PR (2011).

Os dez tratamentos resultaram da combinação entre dois espaçamentos nas entre linhas (espaçamento convencional e espaçamento de linhas gêmeas) e cinco níveis de população de plantas (50.000, 65.000, 80.000, 95.000 e 110.000 plantas ha^{-1}) (Tabela 3). Os espaçamentos adotados para as linhas gêmeas, também chamado de *Twin-row* foi de 0,20 m entre as gêmeas e 0,70 m entre as linhas, ou seja, 0,2 x 0,7 m e de 0,7 m entre linhas para o espaçamento simples denominado de convencional.

Tabela 3 - Relação e designação dos tratamentos. Pato Branco – PR (2011).

Tratamentos	Espaçamento ente linhas	Espaçamentos (m)	População (Plantas ha ⁻¹)
T1	Convencional	0,7	50.000
T2	Convencional	0,7	65.000
T3	Convencional	0,7	80.000
T4	Convencional	0,7	95.000
T5	Convencional	0,7	110.000
T6	Linhas Gêmeas	0,2 x 0,7	50.000
T7	Linhas Gêmeas	0,2 x 0,7	65.000
T8	Linhas Gêmeas	0,2 x 0,7	80.000
T9	Linhas Gêmeas	0,2 x 0,7	95.000
T10	Linhas Gêmeas	0,2 x 0,7	110.000

3.6 PARCELAS EXPERIMENTAIS

As parcelas foram constituídas por quatro linhas simples no espaçamento convencional (Figura 7) e de quatro linhas duplas no espaçamento linhas gêmeas (Figura 8), com 5 m de comprimento, perfazendo área total de 14 m² (2,8 x 5 m) e 18 m² (3,6 x 5 m), respectivamente. Para as avaliações e coleta dos dados foram utilizadas somente as duas linhas centrais de cada unidade experimental. Assim, as áreas úteis experimentais foram de 7,0 e 9,0 m² para os espaçamentos linhas convencionais e linhas gêmeas, respectivamente.

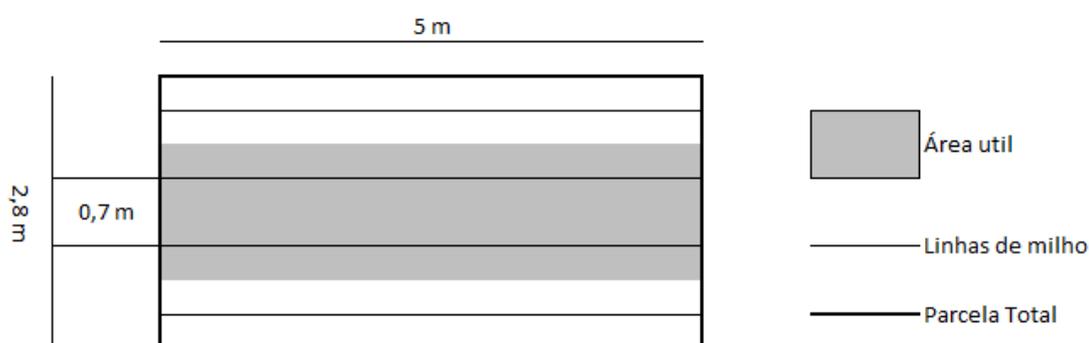


Figura 7 - Esquemática da parcela experimental no espaçamento entre linhas convencional, com espaçamento de 0,7 m entre as linhas de milho. Pato Branco – PR (2011).

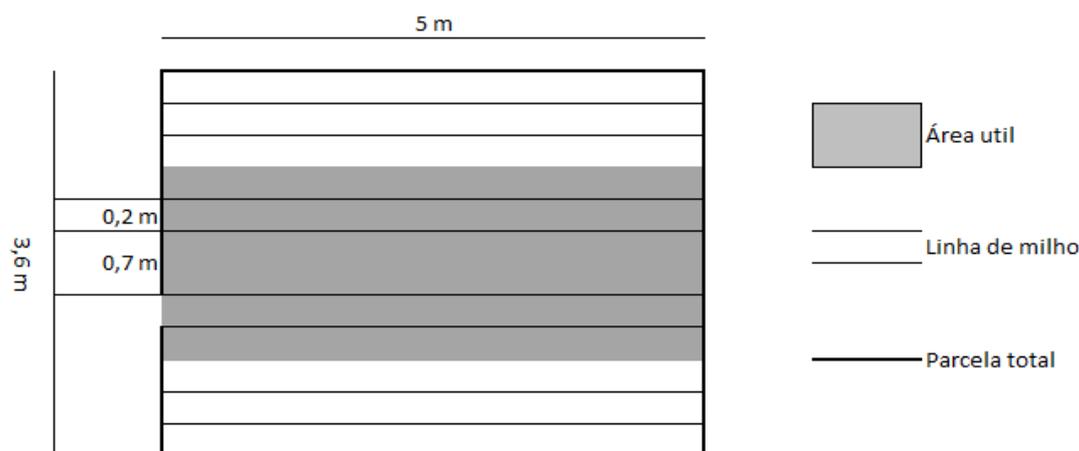


Figura 8 - Esquematização da parcela experimental no espaçamento linhas gêmeas, 0,2 x 0,7 m entre as linhas de milho. Pato Branco – PR (2011).

3.7 IMPLANTAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A cultura de inverno (aveia) foi dessecada com 30 dias de antecedência ao plantio do milho. Utilizou-se glyphosate (herbicida sistêmico do grupo químico derivados de glicina), na dose de 1.920 g ha^{-1} do e.a. (registro no MAPA sob nº 07604). Junto com o herbicida, na dessecação, foi utilizado inseticida sistêmico e fisiológico Lufenurom, 15 g ha^{-1} do e.a. (registro no MAPA nº 09195), combinado com inseticida sistêmico, de contato e ingestão Thiamethoxan + Lambda-Cialotrina $35,25 + 26,50 \text{ g ha}^{-1}$ do e.a. (registro no MAPA sob nº 06105) (MAPA, 2012).

As sementes foram tratadas com inseticida sistêmico Thiamethoxan, na dose de 210 g do e.a. para cada 100 kg de sementes, objetivando evitar o ataque inicial de eventuais pragas, principalmente lagarta elasmó *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) e percevejo barriga verde *Dichelops furcatus*.

A abertura dos sulcos e a distribuição do fertilizante foram realizadas, utilizando uma semeadora-adubadora, marca Vence Tudo, modelo SA 14600 com mecanismo sulcador de hastes (Figura 9).



Figura 8 - Esquematização da parcela experimental no espaçamento linhas gêmeas, 0,2 x 0,7 m entre as linhas de milho. Pato Branco – PR (2011).

A adubação mineral foi realizada com base nas características químicas do solo (Tabela 1) e nas recomendações propostas pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Comissão Química e Fertilidade do Solo (2004) com rendimento esperado de 13 t ha^{-1} . Foram aplicados 600 kg ha^{-1} da fórmula 10-30-11, ajustando-se a distribuição do fertilizante para cada espaçamento utilizado. Para a adubação de cobertura foi utilizado 500 kg ha^{-1} da fórmula 45-00-00 (Uréia Plus) dividido em duas aplicações iguais, sendo a primeira aplicação com 3 folhas da cultura completamente expandidas e a segunda com 6 folhas. Foi aplicado ainda 150 kg ha^{-1} da fórmula 00-00-56 (KCl), à lanço após o plantio.

A semeadura foi realizada dentro do zoneamento agrícola para a região no dia 20 de outubro de 2011, de forma manual com a utilização de matracas sendo as covas espaçadas de forma equidistante de acordo com a população de plantas desejada e o espaçamento utilizado. Foi semeado o dobro da quantidade de sementes, em profundidade média de 5,0 cm, determinada por um limitador instalado no bico distribuidor da matraca. Quando as plantas apresentaram quatro folhas completamente expandidas foi realizado o desbaste, permanecendo uma planta por cova. O objetivo foi ajustar e assegurar as populações almejadas em cada tratamento (Tabela 4), as quais foram mantidas até o momento de colheita.

Tabela 4 - Número de plantas de milho por metro linear e distância entre plantas na linha de semeadura após o desbaste para os diferentes arranjos espaciais. Pato Branco – PR (2011).

Espaçamentos	População de plantas (plantas ha ⁻¹)				
	50.000	65.000	80.000	95.000	110.000
	Número de plantas por metro linear				
Linhas gêmeas	2,25	2,92	3,6	4,27	4,95
Linhas convencionais	3,50	4,55	5,60	6,65	7,70
	Distância entre plantas na linha de semeadura (cm)				
Linhas gêmeas	44,44	34,25	27,78	23,42	20,20
Linhas convencionais	28,57	21,98	17,86	15,04	12,99

3.7.1 Tratos culturais

Durante a condução da cultura foram realizadas as práticas fitotécnicas de acordo com as necessidades. No intuito de manter a cultura livre da competição com plantas daninhas, aplicou-se atrazina + simazina (herbicida do grupo químico das triazinas), na dose de 1750 g ha⁻¹ do e.a., herbicida seletivo para cultura do milho sob registro no MAPA nº 01578303. No momento da aplicação, as plantas daninhas estavam nos estádios iniciais de desenvolvimento e a cultura encontrava-se com 2 folhas completamente expandidas. O controle de doenças foi realizado em pré-florescimento, com fungicida sistêmico do grupo químico Picoxystrobina + Ciproconazol na dose de 80 g + 32 g ha⁻¹ do e.a. sob registro no MAPA nº 9107. As aplicações dos produtos fitossanitários foram realizadas mediante o uso de pulverizador de barras tratorizado, bicos leques, regulado para aplicar 220 L ha⁻¹ de calda.

O fornecimento de água à cultura, quando necessário (V6, V10 e pré-florescimento), foi realizado por aspersão (canhão), com lâmina de água de aproximadamente 20 mm e turno de irrigação de duas horas, totalizando 60 mm, com objetivo de alcançar resultados semelhantes aos históricos da cultura para a região.

A colheita do milho foi realizada manualmente nos dias 26 e 27 de abril de 2012, correspondendo há 186 dias após a semeadura, momento no qual os grãos apresentavam umidade média de 22,4%. As espigas foram submetidas à trilha mecânica.

3.8 AVALIAÇÕES FITOTÉCNICAS

3.8.1 Caracteres morfológicos, senescência e incidência de doenças

A metodologia foi baseada nas recomendações de Storck et al. (2011), para as variáveis altura de planta e altura de inserção de espiga e diâmetro de colmo recomenda-se avaliar 10 plantas na área útil da unidade experimental, para os caracteres de espiga é necessário avaliar 5 espigas na área útil da parcela.

3.8.1.1 Florescimento

O florescimento foi avaliado pelo número de dias, contabilizados a partir da emergência, para que 50% das plantas na área útil das parcelas apresentassem a inflorescência feminina (“estigma”) emitido.

3.8.1.2 Quebramento e acamamento de plantas

O acamamento foi determinado pelo percentual de plantas acamadas (colmo formando ângulo maior que 45° com a vertical), enquanto, que o quebramento foi determinado pelo percentual de plantas com o colmo quebrado abaixo da inserção da espiga principal em relação ao estande final (número total de plantas na área útil da parcela) por ocasião do ponto de colheita. O acamamento foi determinado com ajuda de uma régua de medida de graus (transferidor).

3.8.1.3 Altura de planta

A determinação da altura média de planta foi realizada por ocasião da maturação fisiológica das sementes, através da medição do comprimento do colmo (da superfície do solo até a inserção do “pendão”) com auxílio de régua graduada de madeira. Foram avaliadas 10 plantas na linha de semeadura representativas da área útil de cada parcela.

3.8.1.4 Altura de inserção da espiga

A altura média de inserção de espiga foi obtida pela distância entre a superfície do solo e o ponto de inserção da espiga principal com o colmo, na maturação fisiológica. Foram consideradas as mesmas plantas utilizadas para a determinação da altura média de planta.

3.8.1.5 Diâmetro de colmo

Para mensurar o diâmetro de colmo considerou-se o diâmetro do segundo internódio, a partir da base da planta, com auxílio de um paquímetro digital. Essa avaliação foi realizada na maturação fisiológica nas mesmas plantas utilizadas para obtenção da altura média de planta e de inserção de espiga.

3.8.1.6 Número de plantas com senescência antes da maturação fisiológica

Simultaneamente as determinações de altura de planta, de inserção de espiga e de diâmetro de colmo, foram determinadas o número de plantas mortas. Correspondente às plantas com espiga que entraram em senescência antes do estágio fenológico de maturação fisiológica. As plantas mortas foram determinadas pelo percentual de plantas que apresentavam essa característica em relação à população final de plantas. A avaliação foi realizada por ocasião da maturação fisiológica da cultura.

3.8.1.7 Incidência de doenças causadas por fungos fitopatogênicos

Para a incidência de doenças foliares foi atribuído uma nota para a severidade da doença (0 até 9, zero sem registro e 9 alta severidade), foi considerado a folha da espiga, duas acima e duas abaixo. Foram avaliadas quatro doenças foliares, comuns para época e local, sejam elas, *Puccinia sorghi* (Schwein), *Puccinia polysora* (Underw), *Exserohilum turcicum* (Pass) e *Phaeospharia maydis* (Henn). Na avaliação da incidência de doenças de colmo foi atribuído notas para presença ou ausência do agente causador (0 para ausência e 1 para presença).

3.8.2 Caracteres de espiga e componentes de produção

3.8.2.1 População final de plantas

A população final das plantas foi obtida através da contagem do número total de plantas. Foi considerado o número total de plantas na área útil da unidade experimental para cada tratamento e transformado para unidade de área (plantas ha⁻¹). No momento da contagem de plantas foi realizada a contagem do número de espiga. Foram consideradas apenas espigas que apresentavam grãos formados.

3.8.2.2 Número de fileiras de grãos por espiga

O número médio de fileiras de grãos da espiga foi determinado pela simples contagem. Foram amostradas cinco espigas descascadas em cada parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos.

3.8.2.3 Número de grãos por fileira

O número médio de grãos por fileiras da espiga foi determinado pela simples contagem. Foram amostradas cinco espigas em cada parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos.

3.8.2.4 Número de grãos por espiga

O número de grãos por espiga foi obtido pela multiplicação do número de grãos por fileira pelo número de fileiras da espiga. Foram amostradas cinco espigas em cada parcela, após a colheita e antes da trilha dos grãos. Essa avaliação foi realizada nas mesmas espigas utilizadas para avaliação do número de fileiras e do número de grãos por fileira.

3.8.2.5 Massa da espiga

A massa da espiga foi obtida em razão do peso líquido de grãos da

parcela e do número de espigas computados na parcela. O objetivo de analisar essa variável é determinar se o híbrido tem capacidade de compensar baixas densidades de plantas.

3.8.2.6 Rendimento de grãos e massa de 1000 grãos

O rendimento de grãos foi obtido a partir da debulha e pesagem dos grãos oriundos das espigas colhidas na área útil das parcelas, o qual foi convertido para kg ha^{-1} e corrigido para 13% de teor de água. Após a debulha das espigas colhidas na área útil das parcelas, determinou-se a massa média de mil grãos. Aleatoriamente, foram coletadas quatro sub-amostras de cinquenta grãos por parcela, 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 mil grãos.

O teor de água dos grãos foi obtido pelo método elétrico não destrutivo indireto, mediante o uso do aparelho portátil *Multi-grain* (Dickey-John®), o qual propicia leitura direta em *display* digital.

$$\text{Peso Líquido: } (100 - U\%)/87 * \text{Peso Bruto}$$

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS

Os dados referentes ao florescimento feminino, plantas acamadas e quebradas, incidência de doenças de colmo e severidade de doenças foliares e de espiga não foram submetidos à análise estatística. Para as doenças foliares, a severidade observada foi baixa e não obedeceu a um padrão nos tratamentos. As demais variáveis não obtiveram variação (florescimento feminino) ou não foi observada ocorrência.

Os demais dados obtidos foram submetidos ao teste F da análise de variância. Para os arranjos de linhas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O efeito de população de plantas foi submetido às análises de variância e de regressão. Os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de determinação de regressão, utilizando-se o teste de F a 5% de probabilidade, e nos valores do coeficiente de determinação. A análise

estatística dos dados foi realizada por meio do *software Sisvar para Windows* versão 4.0 (FERREIRA, 2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Não foi observada ocorrência de plantas acamadas e quebradas na área útil da parcela. O resultado pode ser atribuído à baixa ocorrência de ventos no período e com velocidades máximas relativamente baixas (Figura 4), tolerância varietal (Tabela 2) e também o fato de não ter ocorrido incidência de fungos causadores de doenças de colmo, principalmente *Stenocarpella spp*, *Fusarium verticillioides* (Sheldon) e *Giberella zea* (Schwabe). Estes são causadores do estrangulamento do colmo e morte prematura das plantas, ocasionando o acamamento e quebramento.

A baixa incidência de fungos de solo ocorreu em virtude das condições climáticas do período, chuva escassa e dias ensolarados (Figura 3). Também, o ataque de pragas favorece a ocorrência de plantas acamadas e quebradas, principalmente *Elasmopalpus lignosellus* Zeller e *Diatraea saccharalis* Fabricius. Foram adotadas formas de manejo para minimizar o ataque destas pragas, para a *D. saccharalis* foi adotado a tecnologia de controle de pragas Herculex® e para a *E. lignoselluz* foi utilizado tratamento de sementes, com objetivo de diminuir a população nas fases iniciais da cultura.

Em virtude da baixa incidência de fungos de solo e da prática de manejo de pragas adotado, não foi observado ocorrência de plantas em senescência antes da maturação fisiológica nos tratamentos adotados.

O florescimento feminino ocorreu aos 73 dias após a emergência (DAE) para todos os tratamentos. Isto se deve ao fato de ser uma característica resultante da combinação de fatores do clima natural com fator genético. Palhares (2003) verificou que o início do florescimento na cultura do milho varia exclusivamente em função do genótipo.

Com base nas temperaturas máximas e mínimas no período e o número de dias passados entre a emergência da cultura e o florescimento pleno conclui-se que o híbrido P 30F36H necessitou acumular 901,3 graus-dias (GDU) para florescer (cálculos baseados em metodologia desenvolvida por Arnold, 1960). Com este resultado representa 110,3 GDU a mais que a empresa detentora do híbrido descreve como característica no guia técnico. A cultura do milho sofre interferência de variáveis climáticas durante o desenvolvimento, entre as mais

importantes estão o acúmulo de graus-dias, sensibilidade a fotoperíodo em alguns casos e deficiência hídrica antes do florescimento (SANGOI, 2010a).

Na avaliação de doenças foliares as notas máximas observadas foram de 3,5 para a mancha branca (*P. maydis*), 1 para ferrugem comum (*P. Sorghi*) e 1 para o helmintosporiose comum (*E. turcicum*). Para a ferrugem polissora (*P. polysora*) não foi observado incidência do fungo no período de avaliação. Contribuíram para isso a umidade relativa do ar abaixo dos 80% (Figura 4), mínimo para a evolução dos fungos patogênicos causadores da ferrugem comum e polissora e da helmintosporiose comum, tolerância varietal (Tabela 2), e aplicação aérea de fungicida em pré-florescimento.

4.1 PARÂMETROS RELACIONADOS ÀS VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS

Na Tabela 5 é apresentada a síntese da análise da variância e da regressão para os parâmetros referentes às variáveis biométricas, onde se observa que os espaçamentos entre linhas e as populações de plantas influenciaram significativamente apenas o diâmetro de colmo. Os parâmetros altura de plantas e altura de inserção da primeira espiga não foram influenciados por nenhuma das variáveis empregadas. Observa-se ainda que não houve interação significativa entre os fatores utilizados.

Tabela 5 - Síntese da análise de variância para as variáveis biométricas da cultura do milho: altura de plantas (AP); altura de inserção da primeira espiga (AIE) e diâmetro do colmo (DC) e efeitos da regressão para a população de plantas em função dos diferentes espaçamentos entre linhas e populações de plantas. Pato Branco – PR (2012).

Fonte de Variação	GL	AP	AIE	DC
Espaçamentos (E)	1	0,01 ^{ns}	0,10 ^{ns}	4,53*
Populações (P)	4	0,89 ^{ns}	1,49 ^{ns}	16,09**
E x P	4	2,04 ^{ns}	0,37 ^{ns}	1,92 ^{ns}
C.V. (%)		6,32	3,52	5,09
Modelo de Regressão (P)				
Linear		0,14 ^{ns}	0,73 ^{ns}	61,02**
Quadrática		0,38 ^{ns}	1,29 ^{ns}	2,28 ^{ns}
Cúbica		2,65 ^{ns}	3,30 ^{ns}	0,01 ^{ns}

ns: não-significativo. *: Significativo (P<0,05). **: Significativo (P<0,01). C.V.: Coeficiente de variação.

4.1.1 Altura de plantas

Na Tabela 6 são apresentados os valores médios da altura de plantas. Observa-se que os diferentes espaçamentos entre linhas não influenciaram significativamente o parâmetro avaliado. Isso possivelmente ocorreu em virtude dos espaçamentos utilizados não terem gerado competição intra-específica. Segundo Sangoi et al. (2010a) o aumento da competição intra-específica na cultura do milho induz as plantas a crescerem em busca de luz.

Tabela 6 - Valores médios da altura de plantas (m) da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).

Espaçamento entre linhas	Altura de planta (m)
Linhas Gêmeas	2,34a
Convencional	2,34a
CV%	6,32

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

Cox et al. (2006) analisando um híbrido de milho sob os espaçamentos de linhas gêmeas (0,18 x 0,76 m) e convencional (0,76 m), constataram que o espaçamento não afetou significativamente a altura média das plantas, tanto no estágio V8 como no estágio de maturação fisiológica, resultado este que corrobora com o presente trabalho.

Demétrio et al. (2008) também não obtiveram alterações na altura de plantas com a redução do espaçamento entre linhas de 0,8 para 0,4 m, para híbridos de ciclo precoce (P30F80 e P30K73). Entretanto, Penariol et al. (2003) e Alvarez et al. (2006) observaram incremento na altura de plantas com a redução do espaçamento entre linhas de 0,9 para 0,45 m e de 0,9 para 0,7 m, respectivamente.

A variável altura de plantas não respondeu significativamente ao aumento na população de plantas (Figura 10). Este resultado pode ser explicado pela baixa influência da competição intra-específica. Para este elemento segundo Alvarez et al. (2006), Sangoi et al. (2002) e Argenta et al. (2001a) existe uma tendência natural de aumento na altura de plantas em situações de alta competição intra-específica por luz.

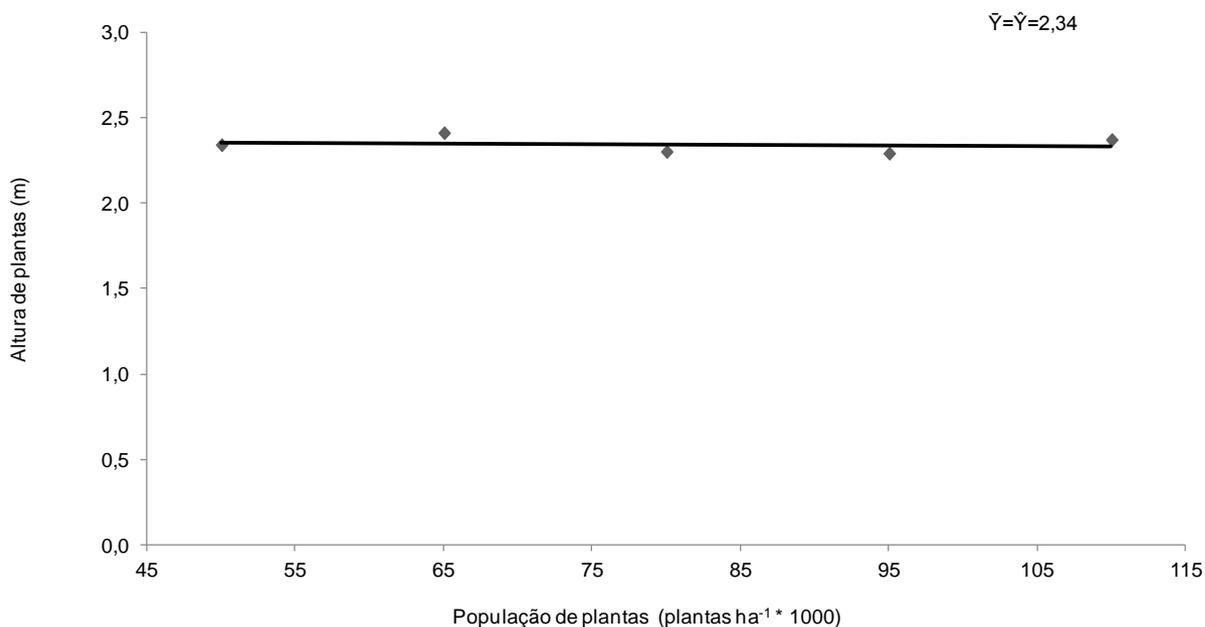


Figura 10 - Altura de plantas da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).

Gonçalves (2008) ao analisar três híbridos de milho de ciclo precoce com populações de plantas variando entre 50.000 e 80.000 plantas ha⁻¹, encontrou resultados semelhantes à presente pesquisa. Kappes et al. (2012), estudando quatro densidades de plantas, de 50.000 até 90.000 plantas ha⁻¹ também não observaram resposta significativa da variável altura de plantas em função da densidade de plantas para o híbrido triplo XB 7252. Esses resultados foram atribuídos à baixa sensibilidade dos híbridos testados à alteração na qualidade de luz. Segundo Vidal e Merotto Jr (2010), o desenvolvimento das plantas pode ser alterado em função da qualidade da luz que a plântula recebe no início de seu desenvolvimento. Ainda os autores citam que essa alteração pode afetar sua habilidade de interação com outras plantas da mesma espécie ou até de espécies diferentes. Também, segundo os autores, quando a relação V:Ve diminui, sinaliza para as plântulas que haverá competição pela luz em estádios futuros, com isso altera a forma das plantas, as plântulas alocam mais fotoassimilados para o crescimento da parte aérea e deixam de alocar para as raízes, contudo o sistema radicular dessas plantas fica prejudicado. Isso pode ser contornado pela distribuição uniforme das plantas na área de plantio (SANGOI et al., 2010a).

4.1.2 Altura de inserção primeira espiga

Na Tabela 7 são apresentados os valores médios da altura de inserção da primeira espiga, onde se observa que os diferentes espaçamentos entre linhas não influenciaram significativamente à variável. Isso possivelmente ocorreu em decorrência dos espaçamentos utilizados não terem gerado competição intra-específica, e por influência genética, pois foi utilizado um híbrido simples que apresenta em sua constituição padrão regular de altura de inserção de espiga (BORÉM; MIRANDA, 2007).

Martins e Costa (2003) também não obtiveram alterações na altura de inserção da espiga com a redução do espaçamento entre linhas de 0,90 para 0,45 m para um híbrido de milho simples (C701). Entretanto, Alvarez et al. (2006) analisando a redução de espaçamento (0,9 para 0,7 m) em três híbridos de milho triplo de ciclo tardio observaram incremento na altura de inserção de espiga quando utilizado espaçamento entre linhas de 0,7 m.

Tabela 7 - Valores médios da altura de inserção da primeira espiga (m) da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).

Espaçamento entre linhas	Altura de inserção de espiga (m)
Linhas Gêmeas	1,42a
Convencional	1,41a
CV%	3,52

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

A variável altura de inserção da primeira espiga não respondeu significativamente ao aumento na população de plantas (Figura 11). Esse resultado mostra não ter havido competição intra-específica, possivelmente em virtude da distribuição uniforme das plantas na área. E também pelo fator genético do híbrido utilizado.

Gonçalves (2008) ao avaliar o desempenho de três híbridos de milho, AS 1570, AS 1565 e AS 1575, em três locais no Oeste do Paraná, também não observou alteração significativa na altura inserção de espiga com o aumento da população de 50.000 para 80.000 plantas ha⁻¹. Já, Kappes et al. (2010), analisando cinco híbridos de milho obtiveram maior altura de inserção da espiga com o aumento da densidade de 50.000 para 90.000 plantas ha⁻¹.

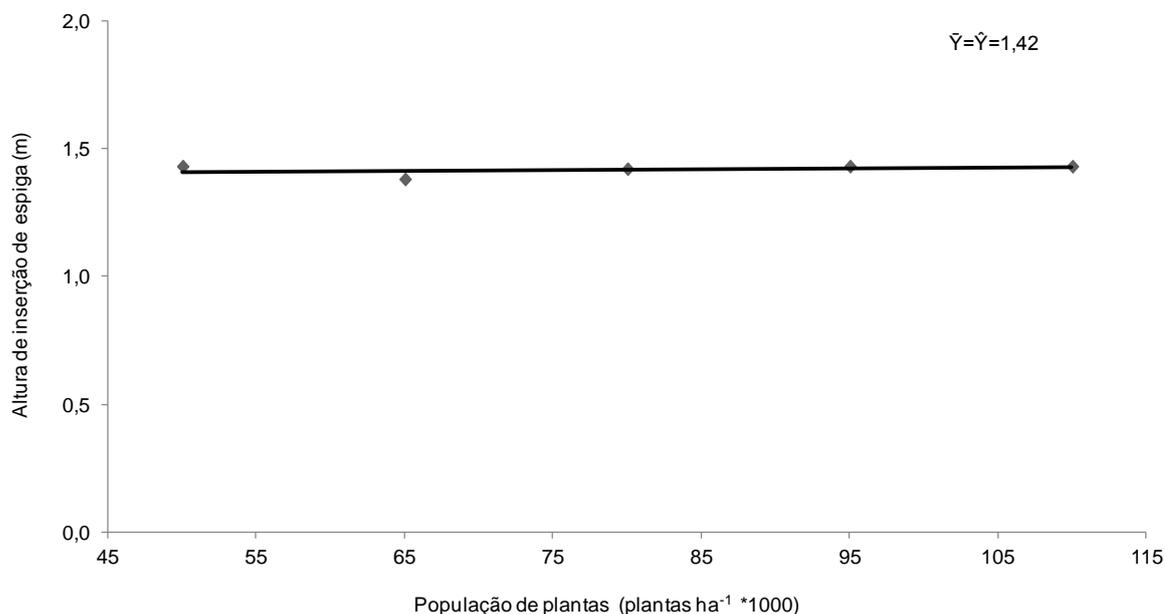


Figura 11 - Altura de inserção da primeira espiga da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).

4.1.3 Diâmetro do colmo

Observa-se na Tabela 8 que os diferentes espaçamentos entre linhas influenciaram significativamente o diâmetro do colmo. As linhas gêmeas proporcionaram média de diâmetro de colmo superior ao espaçamento convencional, aproximadamente 4,3%. Esse fato pode ser explicado pela melhor interceptação da radiação solar no dossel da cultura nos estádios iniciais e anteriores ao florescimento. No espaçamento linhas gêmeas ocorre distribuição mais equidistante das plantas, o que proporcionou o fechamento mais rápido da entrelinha pelo dossel da planta, aproveitando assim melhor a radiação incidente (Figura 12).

Tabela 8 - Valores médios do diâmetro de colmo (mm) da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).

Espaçamento entre linhas	Diâmetro de colmo (mm)
Linhas Gêmeas	24,00a
Convencional	23,00b
CV%	5,08

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

A distribuição equidistante entre plantas favorece o fechamento da entrelinha, melhorando a interceptação da radiação solar e a taxa de crescimento das plantas de milho em estádios iniciais (NUMMER FILHO; HENTSCHEKE, 2006), justamente quando há a definição do diâmetro do colmo (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).



Figura 12 - Vista superior do desenvolvimento inicial da cultura do milho safra 2011/2012: A) Dossel – Linhas gêmeas; B) Dossel Linhas convencional. Pato Branco – PR.

O menor valor do diâmetro do colmo encontrado no espaçamento convencional pode ser devido às plantas estarem mais próximas dentro da linha, aumentando a competição por nutrientes, água e espaço. Essa proximidade entre as plantas pode gerar competição 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., 2007).

O modelo ajustado para as diferentes populações de plantas apresentou comportamento linear decrescente (Figura 13). Houve redução do diâmetro do colmo com o aumento de densidade de plantas, indicando que, à medida que aumenta a população de plantas de 50.000 para 110.000 plantas ha^{-1} , diminui o diâmetro do colmo em aproximadamente 20%. Esse fator está ligado à competição pelos recursos do meio, e principalmente pela translocação de fitomassa na fase de enchimento de grãos, principalmente em sítios de alto consumo ou de restrição de água. Esse resultado corrobora com a afirmativa de que o aumento na

densidade populacional diminui o diâmetro do colmo (MENDES et al., 2011; FIGUEIREDO et al., 2008; GROSS et al., 2006; PENARIOL et al., 2003).

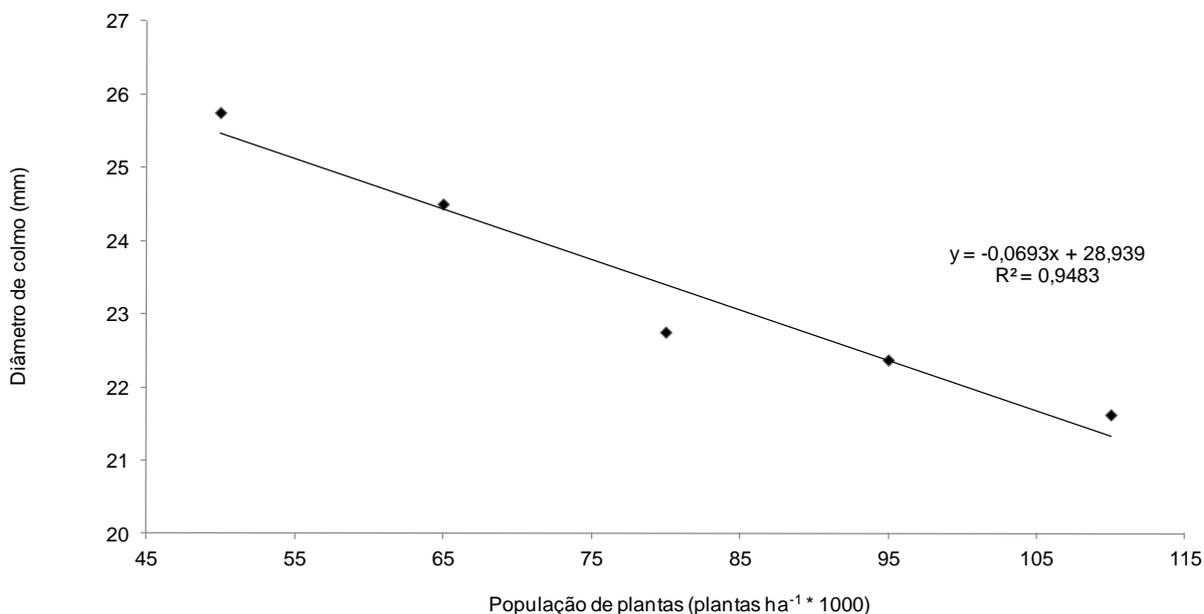


Figura 13 - Diâmetro de colmo da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).

4.2 COMPONENTES DE RENDIMENTO E PRODUTIVIDADE DA CULTURA

Na Tabela 9 é apresentada a síntese da análise da variância e da regressão para os parâmetros referentes aos componentes de rendimento e produtividade da cultura do milho. Observa-se que os espaçamentos entre linhas influenciaram significativamente todos os parâmetros avaliados. Já, a população de plantas influenciou significativamente apenas a massa de 1000 grãos e a massa de espiga. Observa-se ainda que não houve interação significativa entre os tratamentos utilizados.

Tabela 9 - Síntese da análise de variância para as variáveis dos componentes de rendimento e produtividade da cultura do milho: número de fileiras de grãos (NF), número de grãos por espiga (NGE), massa de 1000 grãos (MGr), massa de espiga (ME), produtividade (P) e efeitos da regressão para a população de plantas em função dos diferentes espaçamentos entre linhas e populações de plantas. Pato Branco- PR (2012).

Fonte de Variação	GL	NF	NGE	MGr	ME	P
Espaçamentos (E)	1	4,58*	13,02**	17,72**	5,63*	25,14*
Populações (P)	4	0,92 ^{ns}	1,95 ^{ns}	4,86**	30,99**	1,86 ^{ns}
E x P	4	0,60 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,89 ^{ns}	0,12 ^{ns}	1,89 ^{ns}
C.V. (%)		4,98	8,99	2,60	10,13	7,14
Modelo de Regressão (P)						
Linear		1,93 ^{ns}	6,78*	16,90**	123,00**	4,31*
Quadrática		1,38 ^{ns}	0,50 ^{ns}	2,07 ^{ns}	0,24 ^{ns}	2,63 [†]
Cúbica		0,60 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,96 ^{ns}

ns: não-significativo. *: Significativo (P<0,05). **: Significativo (P<0,01). C.V.: Coeficiente de variação.

4.2.1 Número de fileiras de grãos por espiga

Observa-se na Tabela 10 que os diferentes espaçamentos entre linhas influenciaram significativamente o número de fileiras de grãos por espiga, sendo o maior valor encontrado no espaçamento em linhas gêmeas. Possivelmente, esse resultado se deve à distribuição mais uniforme das plantas nesse espaçamento e por fatores genéticos, uma vez que o híbrido utilizado (P 30F36H) tem alta capacidade prolífica (PIONEER SEMENTES, 2012). Segundo Palhares (2003) e Argenta et al. (2001b) a redução de espaçamento e a distribuição equidistante das plantas na área aumentam significativamente o número de fileiras de grãos por espiga.

Tabela 10 - Valores médios do número de fileiras por espiga da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).

Espaçamento entre linhas	Número de fileiras
Linhas Gêmeas	18,1a
Convencional	17,5b
CV%	4,98

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

Porém, esse resultado difere dos obtidos em muitos trabalhos com diferentes espaçamentos entre linhas. Para KAPPES et al. (2011), o espaçamento entre linhas não afetou o número de fileiras por espiga de cinco híbridos de milho de

ciclo precoce e super precoce quando o espaçamento foi reduzido de 0,90 para 0,45 m. Piana et al. (2008), ao avaliarem dois híbridos de milho oriundos de cruzamento simples (DOW 2B587; NB 4217) e quatro densidades de plantas (55.000; 73.000; 91.000 e 110.000 plantas ha⁻¹) não observaram diferenças no número de fileiras por espiga quando reduziram o espaçamento de 0,90 para 0,45 m.

Na Figura 14, observa-se que o número de fileiras por espiga não respondeu de forma significativa ao aumento na população de plantas. Esse resultado pode ser atribuído ao fato de que o potencial de produção é definido no primeiro estágio de desenvolvimento, quando ocorre o início do processo de diferenciação floral e a formação dos primórdios da espiga, não havendo ainda uma influência significativa da competição entre plantas no ambiente (SANGOI et al., 2010a).

Kappes et al. (2011) e Marchão et al. (2005), analisando densidades de plantas entre 40.000 e 100.000 plantas ha⁻¹, não observaram resposta para esse componente em função do aumento da densidade, resultado este que corrobora com o presente trabalho.

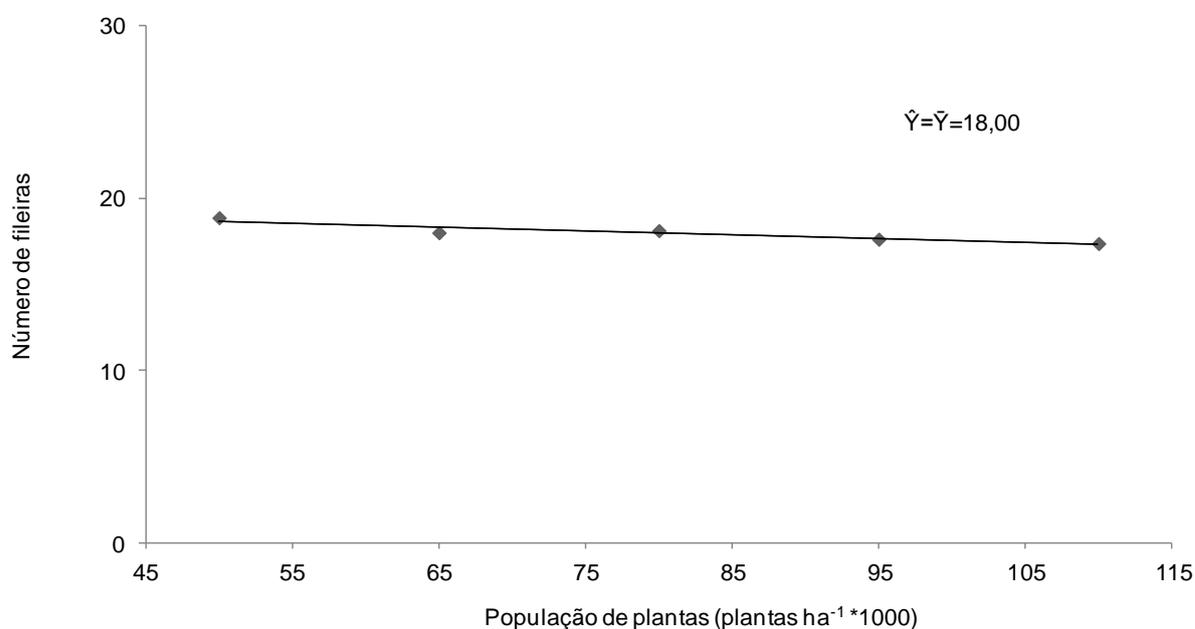


Figura 14 - Número de fileiras por espiga da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).

4.2.2 Número de grãos por espiga

Na Tabela 11 são apresentados os valores médios do número de grãos por espiga em função dos diferentes espaçamentos entre linhas, onde se observa que o espaçamento linhas gêmeas apresentou valor superior, quando comparado espaçamento convencional. Isso pode ter ocorrido em razão da distribuição mais equidistante das plantas na área, o que possibilita a maximização da atividade fotossintética pós-antese (SANGOI, 2010a).

Tabela 11 - Valores médios do número de grãos por espiga da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).

Espaçamento entre linhas	Número de grãos por espiga
Linhas Gêmeas	640,2a
Convencional	577,7b
CV%	8,99

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

Amaral Filho et al. (2002), trabalhando com diferentes espaçamentos e densidades populacionais encontraram diferenças significativas para o espaçamento entre linhas. Segundo os autores os espaçamentos que distribuíram as plantas mais equidistantes (0,40 e 0,60 m) expressaram maior número de grãos por espiga. No entanto, Gonçalves (2008) comparando três espaçamentos entre linhas (0,45; 0,68 e 0,90 m) e quatro densidades de plantas (50.000, 60.000, 70.000 e 80.000 pl ha⁻¹) afirma que o espaçamento entre linhas não afeta o número de grãos por espiga, sendo este influenciado apenas pela população de plantas e pelo híbrido utilizado.

O modelo ajustado para o número de grãos por espiga em função das diferentes populações de plantas apresentou comportamento linear decrescente (Figura 15), indicando crescente competitividade por fotoassimilados, que são necessários para o crescimento reprodutivo. Esse resultado é explicado pelo ajuste no desenvolvimento da planta que ocorre em função da densidade, uma vez que, segundo Magalhães et al. (2002) o comprimento de espiga diminui com o aumento da densidade de plantas.

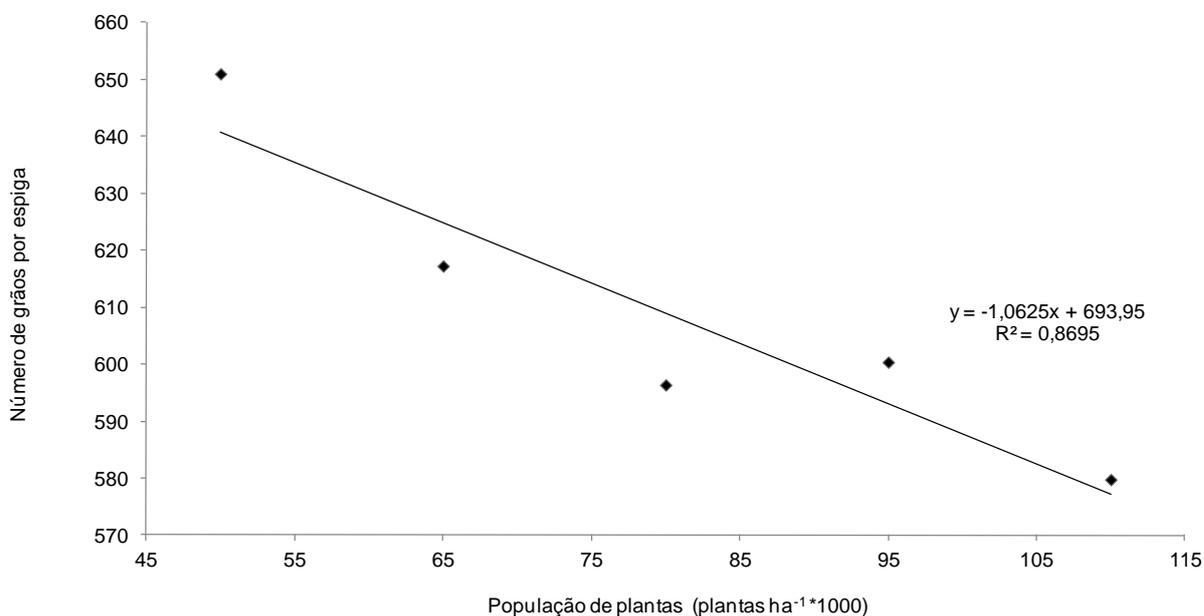


Figura 15 - Número de grãos por espiga da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).

A resposta negativa desse componente de produção ao incremento de do número de plantas corrobora com os resultados obtidos por Kappes (2010), Amaral Filho et al. (2005) e Amaral Filho (2002), que obtiveram redução no número de grãos por espiga com o aumento na densidade de 40.000 para 90.000 plantas ha⁻¹.

Segundo Fancelli (1986), o comprimento da espiga na cultura do milho é definido, principalmente, no momento em que as plantas apresentam doze folhas completamente expandidas. Sendo assim, qualquer adversidade que aconteça nessa fase, como o efeito combinado da competição intra-específica e ou escassez dos recursos naturais, pode resultar em redução no comprimento das espigas, provocando queda no número de grãos.

4.2.3 Massa de 1000 grãos

Observa-se na Tabela 12 que os diferentes espaçamentos entre linhas influenciaram significativamente a massa de 1000 grãos. O espaçamento em linhas gêmeas apresentou massa de mil grãos superior (3,5%) em relação ao espaçamento

convencional. Esse fato pode ser explicado pela distribuição mais equidistante das plantas no espaçamento linhas gêmeas. Esse resultado corrobora com a afirmativa de Nummer Filho e Hentschke (2006), de que a distribuição equidistante das plantas na área melhora os componentes de produção.

Tabela 12 - Valores médios da massa de 1000 grãos (g) da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).

Espaçamento entre linhas	Massa de 1000 grãos (g)
Linhas Gêmeas	370,65a
Convencional	358,05b
CV%	2,60

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

Botelho (2006), verificou que o espaçamento reduzido entre linhas (0,4 m), proporcionou aumento de 10,3% no peso de 1000 grãos em relação ao espaçamento convencional (0,80 m). Sangoi et al. (2010b) observaram que a competição entre as plantas por recursos naturais interfere de forma negativa nos componentes de rendimento, entre eles, na massa de 1000 grãos.

O fator população de plantas interferiu significativamente na massa de 1000 grãos, apresentando uma resposta linear decrescente ao aumento da densidade de plantas (Figura 16). Esse resultado é explicado pela capacidade de produção por planta, de maneira geral, em baixas densidades, a produção individual por planta é alta, já em altas densidades ocorre o inverso.

Segundo Demétrio et al. (2008), Gonçalves (2008) e Amaral Filho et al. (2005) o aumento do número de plantas por unidade de área resulta em menor massa de 1000 grãos, ou seja, densidades de 50.000 plantas ha⁻¹ possibilitam grãos mais pesados que densidades de 90.000 plantas ha⁻¹. No entanto, esses resultados contradizem Argenta et al. (2001b) e Amaral Filho et al. (2002), que afirmam que o incremento no número de plantas por unidade de área não altera a massa de 1000 grãos na cultura do milho.

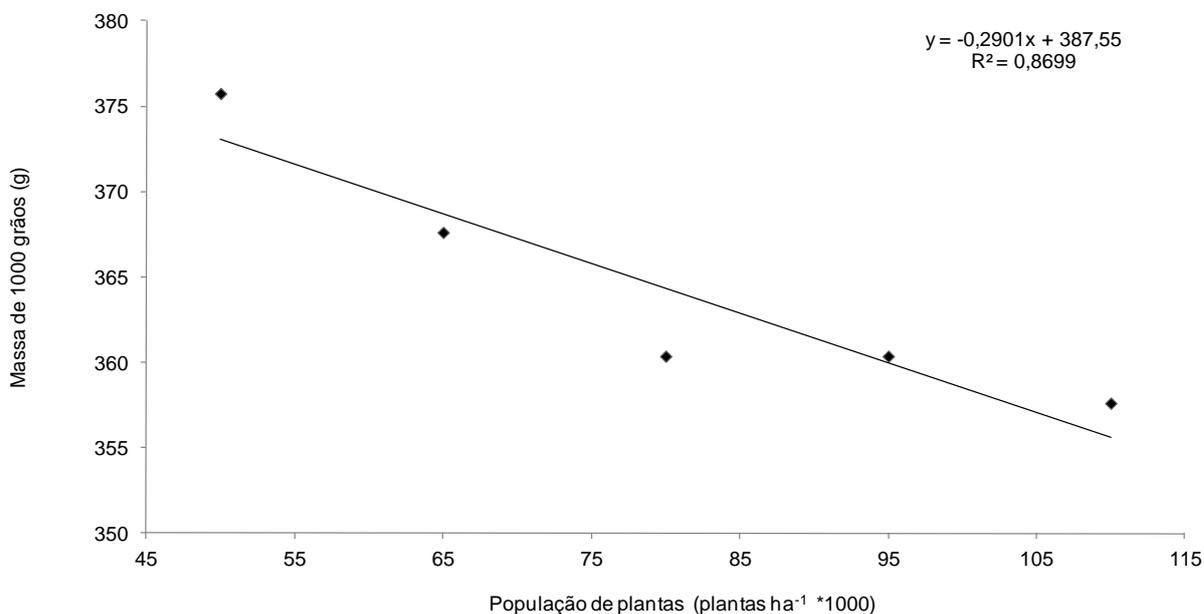


Figura 16 - Valores médios obtidos de massa de 1000 grãos (g) da cultura do milho em função do aumento da população de plantas. Pato Branco – PR (2012).

4.2.4 Massa de espiga

Observa-se na Tabela 13 que os diferentes espaçamentos entre linhas influenciaram significativamente a massa de espigas. Para as linhas gêmeas a média observada foi de 164,85 g, 7,8% superior à média do espaçamento convencional.

Tabela 13 - Valores médios da massa de espiga (g) em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).

Espaçamento entre linhas	Massa de espiga (g)
Linhas Gêmeas	164,85a
Convencional	152,85b
CV%	3,52

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

O maior peso da massa de espiga encontrada para o espaçamento 0,2 x 0,7 m (linhas gêmeas) se justifica em função da distribuição equidistante das plantas e do maior diâmetro de colmo, encontrado nesse tratamento (Tabela 8). Segundo Kappes (2010), existe relação positiva entre diâmetro de colmo e massa de

espiga, uma vez que no sub-período de enchimento de grãos há translocação de fotoassimilados acumulados no colmo para os grãos (MAGALHÃES; SILVA, 1987).

A distribuição uniforme das plantas na área melhora os resultados dos componentes de produção (RODRIGUES et al., 2009). Segundo Sangoi et al. (2000a), plantas espaçadas equidistantemente competem minimamente por nutrientes, luz e outros fatores, favorecendo o melhor desenvolvimento das espigas e da massa de grãos.

Os efeitos de população de plantas na variável massa de espiga foram semelhantes aos encontrados na massa de 1000 grãos. Com aumento da população, a massa de espiga respondeu de forma linear decrescente (Figura 17). O aumento na população de 50.000 para 110.000 plantas ha^{-1} proporcionou redução de 67,3% na massa das espigas. Este resultado indica que o híbrido utilizado tem capacidade de compensação na massa da espiga em baixas densidades de plantas e crescente competitividade por fotoassimilados nas altas densidades.

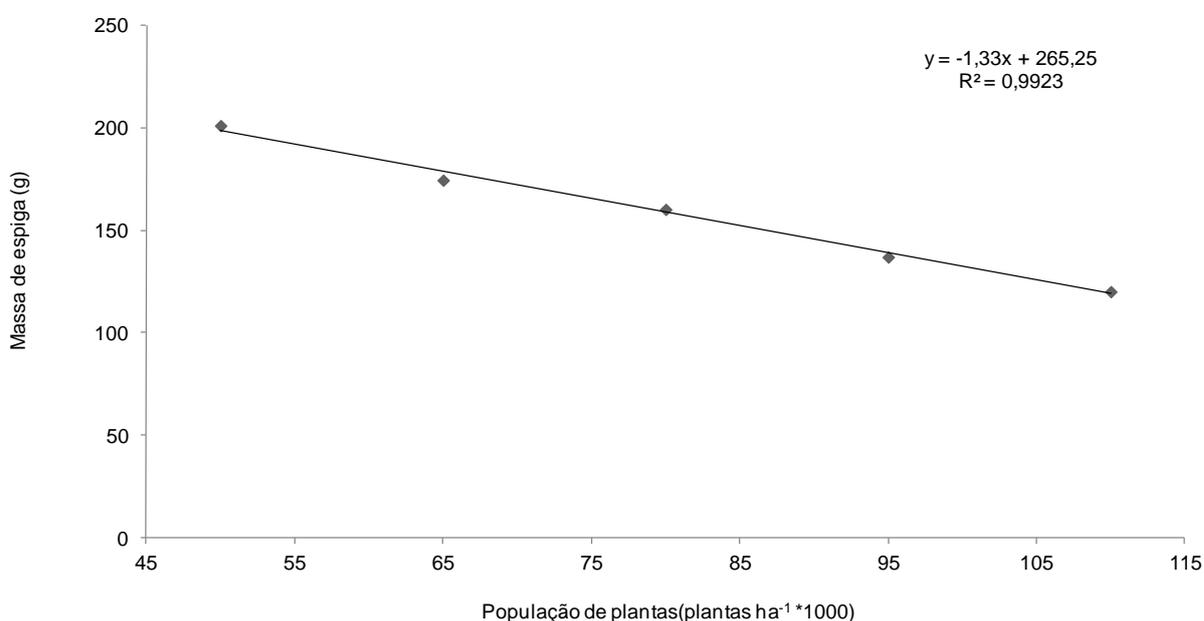


Figura 17 - Valores médios da massa da espiga (g) da cultura do milho em função do aumento de população de plantas. Pato Branco – PR (2012).

Gonçalves (2008) ao avaliar o desempenho de três híbridos de milho de cruzamento simples de ciclo precoce em três locais no Oeste do Paraná, encontrou redução de 26,4% na massa de espiga quando a população de plantas

passou de 50.000 para 80.000 plantas ha^{-1} . BORGUI et al. (2004), também observaram redução na massa de espiga em função do aumento no número de plantas quando compararam três formas de cultivo (convencional, cultivo mínimo e plantio direto), três densidades de plantas (55.000, 65.000 e 75.000 plantas ha^{-1}) e duas formas de adubação (incorporada e sobre a superfície) para o híbrido P 30F33.

4.2.5 Produtividade média da cultura

Na Tabela 15 são apresentados os valores médios da produtividade da cultura do milho em função dos diferentes espaçamentos entre linhas, onde se observa que o espaçamento linhas gêmeas apresentou maior produtividade, quando comparado ao espaçamento convencional. O aumento da produtividade de grãos nesse espaçamento pode ser atribuído à maior eficiência na interceptação de radiação e ao decréscimo de competição por luz, água e nutrientes, entre as plantas na linha, devido a sua distribuição mais equidistante. A redução do espaçamento entre linhas aumenta a distância entre as plantas na linha, proporcionando um arranjo mais equidistante entre as plantas na área de cultivo, o que reduz a competição por recursos hídricos e nutricionais, otimizando o rendimento de grãos (BECKS, 2012; EMYGDIO; TEIXEIRA, 2008; DEMÉTRIO et al., 2008; NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006).

Tabela 14 - Valores médios da produtividade da cultura do milho (kg ha^{-1}) em função dos diferentes espaçamentos entre linhas. Pato Branco – PR (2012).

Espaçamento entre linhas	Produtividade (kg)
Linhas Gêmeas	13411,9a
Convencional	11975,4b
CV%	7,14

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

Os efeitos da redução do espaçamento entre linhas sobre o rendimento de grãos de milho são bastante heterogêneos. Lana et al. (2009) e Gonçalves (2008) ao compararem dois espaçamentos entre linhas, reduzido (0,45 m) e convencional (0,90 m), verificaram que o espaçamento reduzido promoveu incremento significativo de 9,0% na produtividade. Sangoi (2001) observou incremento de 5,0 a 8,0% na produtividade de grãos com a utilização do espaçamento reduzido entre linhas. Os autores atribuíram essa diferença a distribuição mais equidistante das plantas na

área nesse tipo de manejo. No entanto, Botelho (2006), analisando a produtividade de genitores puros (linhagens) e híbridos resultante de cruzamentos simples (Geração F1) sob diferentes espaçamentos entre linhas em virtude da desfolha no processo de retirada da inflorescência masculina (despendoamento), observou que a maior produtividade ocorreu no espaçamento convencional (0,80 m) com 23,3% a mais do que no espaçamento reduzido (0,50 m) entre linhas. Brachtvogel et al. (2009) ao compararem dois arranjos de linhas de plantio, um convencional e outro que posicionava as plantas equidistantes, não observaram diferenças significativas entre os arranjos para a produtividade do híbrido avaliado.

Flint (2010), comparando o espaçamento de linhas gêmeas (0,18 x 0,76 m) com o convencional (0,76 m) em Minnesota e Kansas, observou incremento na produtividade da cultura do milho de 791,9 kg ha⁻¹ quando utilizado o espaçamento linhas gêmeas. Ainda segundo o autor, os resultados são mais expressivos quando se adota densidades superiores a 85.000 plantas ha⁻¹. Ainda, o autor cita que esses resultados são consistentes ao longo dos últimos 11 anos.

Em trabalho conduzido com milho no vale do Shenandoah, na Virgínia e Virgínia Ocidental, Brian (2010) verificou aumento de 12,5% no rendimento de grãos quando utilizado o arranjo de linhas gêmeas em relação ao arranjo de linhas convencionais. O resultado foi observado nas duas safras em que o experimento foi conduzido.

Monmouth (2008), estudando o comportamento de dois híbridos simples em St Louis, observou que o híbrido DKC61-69 proporcionou incremento significativo de 3,5% na produtividade de grãos de milho no espaçamento de linhas gêmeas (0,18 x 0,76 m) quando comparado ao espaçamento convencional (0,76 m). Já, para o híbrido DKBC 63-42N, o autor não encontrou diferenças significativas entre os espaçamentos linhas gemas e convencional.

O modelo ajustado para a produtividade de grãos em função das diferentes populações de plantas é apresentado na Figura 18. Observa-se aumento na produtividade de grãos até a população 95.000 plantas ha⁻¹. A partir dessa população tem-se redução da produtividade.

Pela equação da curva determinou-se que a população de máxima eficiência técnica foi de aproximadamente 91.700 plantas ha⁻¹, o que correspondeu à produtividade aproximada de 12.950 Kg ha⁻¹. Esse resultado pode ser explicado em função da adaptabilidade do híbrido à região de condução do experimento e às

formas de espaçamentos entre linhas utilizadas, da disponibilidade de altos níveis de nutrientes no solo, principalmente fósforo, potássio e micronutrientes e da irrigação na fase de diferenciação floral e pré-florescimento.

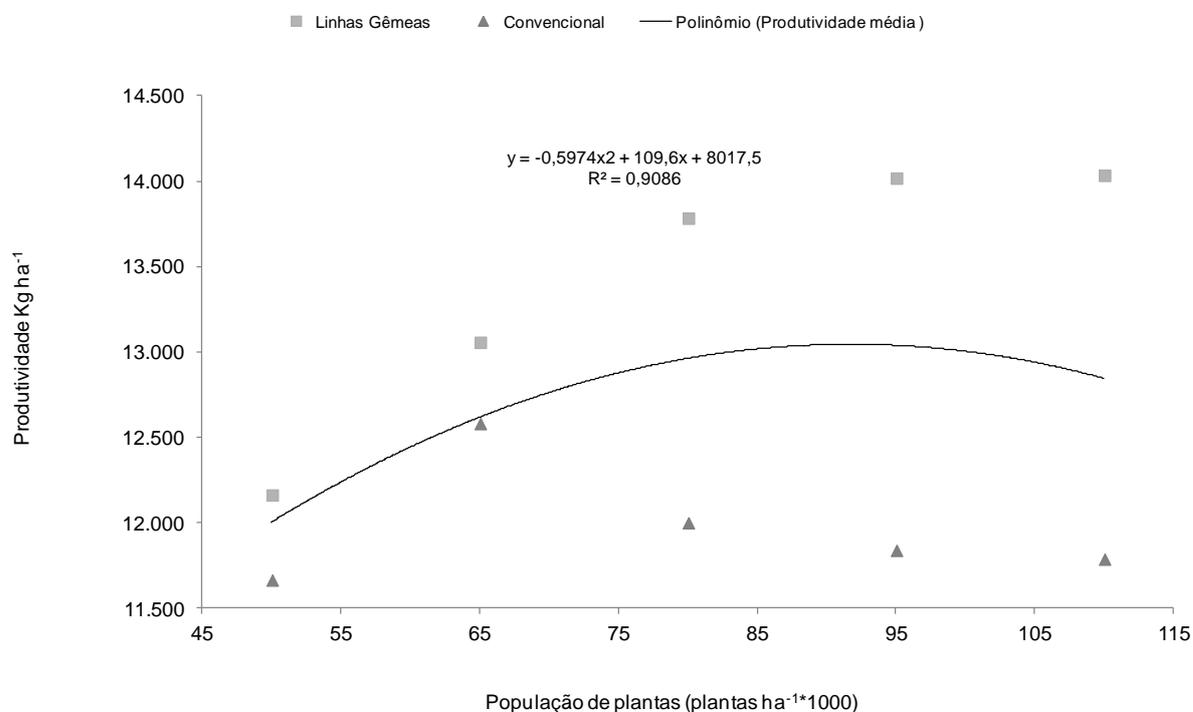


Figura 18 - Valores médios de produtividade Kg ha⁻¹ de milho em função do aumento de população de plantas. Pato Branco – PR (2012).

Esses resultados concordam parcialmente com estudos recentes que têm mostrado respostas positivas ao aumento da produtividade do milho pelo aumento da população de plantas, com produtividades máximas sendo atingidas com densidades próximas a 90.000 plantas ha⁻¹, e diminuindo em populações mais elevadas, próximas a 100.000 plantas ha⁻¹ (PIONEER SEMENTES, 2013; FIGUEIREDO et al., 2008; GONÇALVES, 2008; NUMMER FILHO; HENTSCHE, 2006; MARCHÃO et al., 2005). Contudo, Gonçalves (2008) não encontrou resposta para produtividade de três híbridos em dois locais distintos em função da densidade de plantas.

Os resultados mostram que na cultura do milho existe alta relação entre produtividade e número de espigas colhidas. Isto por que os componentes de produção, massa de 1000 grãos, número de grãos por espiga e massa de espiga responderam de maneira linear decrescente ao aumento de densidade, enquanto, a produtividade respondeu de maneira positiva ao aumento da população de plantas.

O componente de rendimento produtividade não apresentou interação

entre os tratamentos (Tabela 9), contudo, pode-se analisar um comportamento distinto nas altas densidades entre os diferentes espaçamentos entre linhas (Figura 18). O espaçamento Linhas Gêmeas mantém altas produtividades quando adota-se população de plantas acima de 65.000 plantas ha⁻¹. Já no espaçamento entre linhas convencional, quando o número de plantas ultrapassa 65.000 ha⁻¹ a produtividade diminui. Portanto, existe uma tendência de que no espaçamento Linhas Gêmeas podemos aumentar o número de plantas por unidade de área.

As condições climáticas no período em que o experimento foi conduzido somado a irrigação artificial contribuíram para o aumento da produtividade em altas populações, a precipitação pluvial acumulada mais suplementação via irrigação no período entre 26 de outubro de 2011 (plantio do experimento) e 29 de março de 2012 (maturação fisiológica da cultura) foi de 735,6 mm, o que é considerado adequado para o ótimo desenvolvimento das plantas e enchimento dos grãos (Figura 3). Segundo Gonçalves (2008) a cultura do milho necessita em média 600 mm para completar o seu ciclo. Uma pesquisa realizada por Fancelli e Dourado Neto (2004) mostrou que os máximos rendimentos de grãos são observados quando o consumo de água durante todo o ciclo está entre 500 e 800 mm.

A temperatura do ar (Figura 3), fator de grande importância e interferência no desenvolvimento das plantas foi adequada para o desenvolvimento da cultura, haja vista que o milho produz melhor em temperaturas moderadas (DIDONET et al., 2002). A temperatura do ar mínima no período em que o experimento esteve a campo em média foi de 15,5°C, já, a temperatura máxima foi em média 29°C (Figura 3). Temperaturas muito elevadas, principalmente a noite são prejudiciais para a produção de milho (HOEFT, 2003), isto porque proporcionam redução do ciclo da cultura, em função do incremento da somatória térmica (FANCELLI; DOURADO NETO, 2004).

4.3 CONCLUSÕES

As alturas de plantas e de inserção da primeira espiga não tiveram alteração significativa em função dos tratamentos adotados.

O espaçamento entre linhas influenciou significativamente o diâmetro de colmo, o número de fileiras, o número de grãos por espiga, a massa de 1000

grãos, a massa de espiga e a produtividade média da cultura do milho, sendo que os melhores resultados foram obtidos quando se utilizou o espaçamento linhas gêmeas.

A máxima eficiência técnica foi obtida com 91.700 plantas ha⁻¹ para o híbrido P 30F36H, conforme modelo quadrático de resposta ao aumento do número de plantas por unidade de área. O diâmetro de colmo, o número de grãos por espiga, a massa de 1000 grãos e a massa de espiga responderam de forma linear e negativa ao aumento da densidade de plantas.

O híbrido P 30F36H possui adaptabilidade para altas densidades de plantas e para o uso de espaçamentos de linhas gêmeas, para as condições climáticas do município de Pato Branco – PR.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos anos a utilização de espaçamentos reduzidos, que variam de 0,40 a 0,60 m entre linhas, associado à adoção de maiores densidades de planta, vem aumentando, principalmente por parte de agricultores que cultivam, em áreas extensas, híbridos de alto potencial produtivo e que utilizam alta tecnologia em termos de adubação e manejo fitossanitário da cultura.

No entanto, na hora de avaliar e determinar qual espaçamento entre linhas utilizar, os agricultores devem conhecer o sistema de produção de sua propriedade, a fim de verificar se não há problemas a serem solucionados prioritariamente. Por exemplo, problemas relacionados à má condução do sistema plantio direto, como não adoção de rotação de culturas, controle deficiente de plantas daninhas, insetos, praga e doenças. Pois, ao adotar nova tecnologia, é necessário realizar análise se realmente esse é o gargalo de produtividade, se existe condições técnicas e operacionais para a implantação, e, sobretudo recursos e capacidade de pagamento para aquisição de novos equipamentos.

Com o surgimento de novos genótipos de milho, das mudanças climáticas e do novo modelo de produção agrícola (safrinha) surge a necessidade de reavaliar as recomendações de espaçamento entre linhas e densidade de plantas para cada região produtora, porquanto existem diferenças de ordem edafoclimática entre as regiões produtoras.

Com base nesses resultados, é possível reduzir o espaçamento entre linhas, principalmente em áreas de alta competição e/ou escassez de recursos naturais e suplementados, com objetivo de melhorar a distribuição das plantas na área e otimizar os recursos disponíveis.

Com a necessidade de aumentar o nível de produtividade da cultura, o espaçamento entre linhas de plantio torna-se a cada dia mais importante, seguido do ajuste com a densidade populacional e com o melhoramento genético de plantas.

Para esse experimento recomenda-se que se repita em outras regiões produtoras e também com outras bases genéticas. Uma vez que, a decisão de alterar o espaçamento entre linhas e população de plantio deve ser baseada na avaliação de dados de rendimento locais e de outros locais com vários híbridos durante vários anos.

6 REFERÊNCIAS

ALVAREZ, Cláudio Garcia Durán; VON PINHO, Renzo Garcia; BORGES, Iran Dias. Avaliação de características agronômicas e de produção de forragem 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.

AMARAL FILHO, José Pedro Ribeiro do; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, Rogério; BARBOSA, José Carlos. Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada nas características produtivas em cultura do milho sob alta tecnologia. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 24, Florianópolis. **Resumos...** Florianópolis: ABMS, 2002. (CD - ROM).

AMARAL FILHO, José Pedro Ribeiro do; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, Rogério; BARBOSA, José Carlos. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, s/n, p. 467-473, 2005.

ARGENTA, Gilber; SILVA, Paulo Regis Ferreira da; SANGOI, Luís. Arranjo de plantas em milho: análise do estado da arte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.6, p.1075-1084, 2001a.

ARGENTA, Gilber; SILVA, Paulo Regis Ferreira da; BORTOLINI, Clayton Giani; FORSTHOFER, Everton Leonardo; MANJABOSCO, Eduardo Antonio; e 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, 2001b.

ARNOLD, C. Y. Maximum-Minimum Temperature as a Basis for Computing Heat Units. **American Society for Horticulture Science**, Boston, v. 76, n° 1, p. 682-692, 1960.

BECK'S – Hybrids Beck's. Corn Production – Twin Row and Single Row Home Page, Agronomy. Disponível em: <<http://beckshybrids.com/agronomy/planting.aspx>>. Acesso em: 02 nov. 2012.

BORÉM, Aluizio; MIRANDA, Glauco Vieira. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 525 p.

BORGHI, Emerson; Mello, Luiz Malcolm Mano; Crusciol, Carlos Alexandre Costa. Adubação por área e por planta, densidade populacional e desenvolvimento do milho em função do sistema de manejo do solo. **Acta Scientiarum. Agronomy** Maringá, v. 26, n. 3, p. 337-345, 2004.

BOTELHO Paulo H. Efeito do despendoamento e da desfolha em plantas de milho híbrido na produção de sementes, sob diferentes espaçamentos na entrelinha. **FAPEMIG**: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Resumo expandido) MG, 2006.

BRACHTVOGEL, Elizeu Luiz; PEREIRA, Francisco Rafael da Silva; CRUZ, Simério Carlos Silva e BICUDO, Sívio José. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e equidistante. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, 2009.

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, s/v, s/n°, p.1-9, 2010.

CEPA. Centro de Socioeconômica e Planejamento Agrícola (CEPA). Dados e informação. (Santa Catarina). Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2012.

COELHO, Antonio Marcos; CRUZ, Jose Carlos e PEREIRA FILHO, Israel Alexandre. 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. [Informações]. **Acompanhamento de safras 2010/2011**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: mai. 2012.

COX William J.; CHERNEY Debbie J. R. Row Spacing, Plant Density, and Nitrogen Effects on Corn Silage. **Agronomy Journal**. Madson, v.93, s/n°,p.597–602, 2001.

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**. Madson: Madison, v. 98, n. 1, p. 163-167, 2006.

DEMÉTRIO, Cláudia de Souza. **Desempenho agrônômico de híbridos de milho em diferentes arranjos populacionais em Jaboticabal – SP**. 2008. 53 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2008.

DEMÉTRIO, Cláudia Sousa; FORNASIERI FILHO, Domingos; GAZETTA, Jairo Osvaldo; CAZETTA, Disney Amélio. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**: Brasília, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.

DIDONET, Agostinho Dirceu; RODRIGUES, Osmar; MARIO, Justino Luiz; IDE, Francisco. Efeito da radiação solar e temperatura na definição do número de grãos de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 933-938, 2002.

DUARTE, Jason O. Importância econômica do milho. In: **Sistemas de produção 1. Embrapa milho e Sorgo**, 2000. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Milho/CultivodoMilho/importancia.htm>>. Acesso em: mai. 2011.

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.

EMYGDIO, Beatriz Marti; TEIXEIRA, Mauro César Celaro. Densidade de plantas e espaçamento entre linhas para o híbrido de milho BRS 1015. **Circular técnica 72**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo. Versão On-line, p. 8, 2008. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/download/circulares/Circular_72>. Acesso: 01. Jan. 2013.

FANCELLI, Antônio Luis. **Plantas alimentícias**: guia para aula, estudos e discussão. Piracicaba: CALQ, 1986.

FANCELLI, Antônio Luis; DOURADO NETO, Durval. **Produção de milho**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2004. 360 p.

FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para *Windows* versão 4.0. In. **45ª Reunião Anual da Região Brasileira da Sociedade internacional de Biometria**. UFSCar, São Carlos, SP, Julho de 2000.

FLINT, Josh. Higher pops, twin rows gain edge in trial. **Prairie Farmer**. Illinois: v. u, p. 2, 2010. Disponível em: <<http://farmprogress.com/library.aspx/higher-pops-twin-rows-gain-edge-trial-0/0/34>>. Acesso em: 20 Jan. 2013.

FIGUEIREDO, Eliseu; ASCENCIO, Fabiana; SAVIO, Guilherme Montenegro. Características agrônomicas de três cultivares de milho sob quatro populações de plantas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**: Garça, v.7, n.13, p. 1-6, 2008.

GERMANO, Dario Badia; FORMENTON, Diomar Lino; ZAN, Fátima Regina; EMYGDIO, Beatriz Marti; TEIXEIRA, Mauro César Celaro. Indicações técnicas para o cultivo de milho e sorgo no Rio Grande do Sul 2007/2008. Santo Angelo: EAMATER/ASCAR, 2007.

GONÇALVES, Marcio Leandro. **Desempenho agrônomico 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.

GROSS, Martin Reinaldo; VON PINHO, Renzo Garcia; BRITO, André Humberto de. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 03, p. 387-393, 2006.

HOEFT, Robert G. Desafios para a obtenção de altas produtividades de milho e de soja nos EUA. **Informações Agronômicas**. Department of Crop Sciences, Universidade de Illinois, Urbana, n. 104, p.1-4, 2003.

IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. Sistema de monitoramento Agroclimático do Paraná. **Médias históricas**. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Pato_Branco.htm>. Acesso em: 30 dez. 2012.

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 Antonio da Costa; ARF, Orivaldo, OLIVEIRA, Ângela Cristina de; ARF, Marcelo Valentini; FERREIRA, João Paulo. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 41, n. 3, p. 348-359, 2011.

KAPPES, Claudinei; COSTA ANDRADE, João Antonio da; ARF, Orivaldo; KRATOCHVIL, Robert J. TAYLOR, Richard W. Twin-Row Corn Production: An Evaluation in the Mid-Atlantic Delmarva Region. **Plant Management Network**. 2012. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2012/twin/>>. Acesso em: 20 out. 2012.

KRATOCHVIL, Robert J.; TAYLOR, Richard W. Twin-Row Corn Production: An Evaluation in the Mid-Atlantic Delmarva Region. Online. Crop Management doi:10.1094/CM-2005-0906-01-RS. 2005. Disponível em: <<http://www.plantmanagementnetwork.org/pub/cm/research/2005/twin/>>. Acesso em: out. 2012.

LANA, Maria do Carmo; WOYTICHOSKI JÚNIOR, Pedro Paulo; BRACCINI, Alessandro de Lucca; SCAPIM, Carlos Alberto; ÁVILA, Marizangela Rizzatti; ALBRECHT, Leandro Paiola. Spacing and top-dressing with nitrogen in corn culture. **Acta Scientiarum. Agronomy**. Maringa, v. 31, n 3, p. 433 - 438, 2009.

MAGALHÃES, Antonio Celso; SILVA, Willian José. **Determinantes genético-fisiológicos da produtividade de milho**. Melhoramento e produção do milho. v. 2, p. 793. Campinas: fundação Cargil, 1987.

MAGALHÃES, Paulo César; DURÃES, Frederico O. M.; CARNEIRO, Newton Portilho; PAIVA, Edilson. Fisiologia do Milho. **Circular Técnica 22**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, p. 23, 2002.

MAGALHÃES, Paulo César; DURÃES, Frederico O. M. **Fisiologia da produção de milho. Circular Técnica 76**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, p.10, 2006.. Disponível em:
<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/publica/2006/circular/Circ_76.pdf>.
Acesso em: 01 de out. 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **AGROFIT - Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Disponível em:
<http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em:
01 Jun. 2011.

MARCHÃO, Robélio Leandro; BRASIL, Edward Madureira; DUARTE, João Batista; GUIMARÃES, Cleber Moraes; GOMES, Jerônimo Araújo. 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.

MARTINS, Paulo E.; COSTA, Andrade J. A. Comportamento de um milho híbrido hiperprecoce em dois espaçamentos e diferentes populações de plantas. **Cultura Agrônômica**, v.12, p.77-88, 2003.

MENDES, Marcelo Cruz; ROSSI, Evandrei Santos; FARIAS, Marcos Ventura; ALBUQUERQUE, Carlos Juliano Brant; ROSÁRIO, Jerônimo Gadens do. Efeitos de níveis de adubação nitrogenada e densidade de semeadura na cultura do milho no Centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava, v. 4, n. 2, p. 176–192, 2011.

MONMOUTH, I. L. Monsanto Learning Center – Optimizing Seed Population and Row Spacing. Research Summary. St. Louis: v. 1, p. 4, 2008. Disponível em:
<<http://www.monsantoperformance.com/MLC/2008/LC%20Summary-2008.-Corn-Optimizing%20Seed%20Population%20and%20Row%20Spacing.html>>. Acesso em:
20 Jan. 2013.

NUMMER FILHO, Itavor; HENTSCHKE, Carlos. W. Redução do espaçamento entre linhas na cultura do milho. **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n. 92, 2006.

PAES, Maria C. D. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Circular Técnica 75**. Sete Lagoas: Embrapa milho e sorgo, dez. 2006.

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

PENARIOL, Fernando Guido; FORNASIERI FILHO, Domingos; COICEV, Luciana; BORDIN, Luciano e 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, MG. v. 2, n. 2, p. 52-60, 2003.

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

PIANA, Alexandre Tadeu; DA SILVA, Paulo Regis Ferreira; BREDEMEIER, Christian; SANGOI Luís; VIEIRA, Vladirene Macedo; SERPA, Michael da Silva; JANDREY, Douglas Batista: Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 9, p. 2608-2612, dez, 2008.

PIONEER SEMENTES. **Guia Técnico de Milho**. Santa Cruz do Sul: Dupont do Brasil – Divisão Pioneer. Oggi/Graphik, 2012.

PIONEER SEMENTES. **Informativo técnico Pioneer**. Santa Cruz do Sul: Dupont do Brasil – Divisão Pioneer. Oggi/Graphik, edição especial, 2013.

PLANTERS. Great Plains Planters. Disponível em: <<http://www.greatplainsmfg.com/products/planter/24rowplanters.html>>. Acesso em: 02 nov. 2012

RIZZARDI, Mauro A.; BOLLER, Walter; DALLOGLIO, Rudi. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, 1994.

RODRIGUES, L. R.; GUADAGNIN, J. P.; PORTO, M. P. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2009/2010 e 2010/2011**. Veranópolis: FEPAGRO-Serra, 2009.

SANGOI, Luís; ENDER, Márcio; GUIDOLIN, Altamir Frederico; BOGO, Amauri e KOTHE, Daniel Marcelo. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**: Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 17-21, 2000a.

SANGOI, Luis. Understanding Plant density effects on maize growth and development: an important issue to maximize grain yield. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 159-168, 2001.

SANGOI, Luís; ALMEIDA, Milton Luiz de; SILVA, Paulo Regis Ferreira Da; ARGENTA, Gilber. Bases morfológicas para maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantina**, Campinas, v. 61, n. 2, p 101-110, 2002a.

SANGOI, Luís; GRACIETTI, Luís Carlos; RAMPAZZO, Clair; BIANCHETTI, Paula. Response of Brazilian maize hybrids from different eras to changes in plant density. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 79, n. 1, p. 39-51, 2002b.

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

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

SANGOI, Luís; SILVA, Paulo Regis Ferreira da; ARGENTA, Gilber. **Estratégias de manejo do arranjo de plantas para aumentar o rendimento de grão de milho**. Lages: Graphel, 64p., 2010b.

SEAB. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. Departamento de Economia Rural – DERAL. **Produção Agrícola do Estado do Paraná**. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 23 Jan. 2013.

SECEX. Secretaria de Comércio Exterior. **Informativo SECEX**. Ministério de Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Disponível em: <<http://infosecex.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 29 out. 2012.

SILVA, Paulo Regis Ferreira; SANGOI, Luís; ARGENTA, Gilber; STRIEDER, Mércio Luiz. **Arranjo de plantas e sua importância na definição da produtividade em milho**. Porto Alegre: Evangraf, 2006.

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.

THOMAS, Ev and MAHANNA, Bill. Corn populations and row width deserve review. **Hoarde's Dairyman – Crops & Forages**. Iowa: v. 344, p.4,. Disponível em: <http://www.hoards.com/E_crops/cf30>. Acesso em: 20 Jan. 2013.

USDA. United States Department of Agriculture. Reportes USA: SourceJuice. Disponível em: <<http://www.sourcejuice.com/1303511/2010/01/15/2009-10produ%C3%A7%C3%A3o-mundial-milho-aumentado-796toneladas/pt/>>. Acesso em: mai. 2012.

VIDAL, Ribas Antonio. **Interação negativa entre plantas**: inicialismo, alelopatia e competição. Porto Alegre: Evangraf. 2010. 132 p.

VIDAL, Ribas Antonio; MEROTTO Jr, Aldo. **Capítulo 2 - Inicialismo**. In: VIDAL, Ribas Antonio. **Interação negativa entre plantas**: inicialismo, alelopatia e competição. Porto Alegre: Evangraf. 2010. 132 p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resumo dos quadros de análises de variância.

1. Altura de planta - AP

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
REP	3	0.258268	0.086089	3.944	0.0187
ESP	1	0.000302	0.000302	0.014	0.9072
POP	4	0.078175	0.019544	0.895	0.4803
ESP*POP	4	0.178385	0.044596	2.043	0.1165
Erro	27	0.589308	0.021826		

Total corrigido: 39 1.104438

CV (%) = 6.32

Média geral: 2.3387500 Número de observações: 40

2. Altura de inserção da espiga - AIE

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
REP	3	0.032500	0.010833	4.362	0.0125
ESP	1	0.000250	0.000250	0.101	0.7535
POP	4	0.014765	0.003691	1.486	0.2340
ESP*POP	4	0.003675	0.000919	0.370	0.8279
Erro	27	0.067050	0.002483		

Total corrigido: 39 0.118240

CV (%) = 3.52

Média geral: 1.4170000 Número de observações: 40

3. Diâmetro de colmo - DC

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	13.400000	4.466667	3.165	0.0405
ESP_	1	6.400000	6.400000	4.535	0.0425
POP	4	90.850000	22.712500	16.095	0.0000
ESP_*POP	4	10.850000	2.712500	1.922	0.1355
Erro	27	38.100000	1.411111		

Total corrigido: 39 159.600000

CV (%) = 5.08

Média geral: 23.4000000 Número de observações: 40

4. Massa de 1000 grãos - MGr

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	683.300000	227.766667	2.543	0.0772
ESP_	1	1587.600000	1587.600000	17.722	0.0003
POP	4	1740.100000	435.025000	4.856	0.0044
ESP_*POP	4	319.400000	79.850000	0.891	0.4825
Erro	27	2418.700000	89.581481		

Total corrigido: 39 6749.100000

CV (%) = 2.60

Média geral: 364.3500000 Número de observações: 40

5. Massa de espiga - ME

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	2026.100000	675.366667	2.609	0.0720
ESP_	1	1440.000000	1440.000000	5.563	0.0258
POP	4	32086.350000	8021.587500	30.987	0.0000
ESP_*POP	4	125.250000	31.312500	0.121	0.9738
Erro	27	6989.400000	258.866667		

Total corrigido: 39 42667.100000

CV (%) = 10.13

Média geral: 158.8500000 Número de observações: 40

6. Número de fileiras - FE

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	0.800000	0.266667	0.340	0.7968
ESP_	1	3.600000	3.600000	4.585	0.0414
POP	4	2.900000	0.725000	0.923	0.4649
ESP_*POP	4	1.900000	0.475000	0.605	0.6624
Erro	27	21.200000	0.785185		

Total corrigido: 39 30.400000

CV (%) = 4.98

Média geral: 17.8000000 Número de observações: 40

7. Número de grãos por espiga - GE

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	11551.300000	3850.433333	1.284	0.2998
ESP_	1	39062.500000	39062.500000	13.029	0.0012
POP	4	23371.150000	5842.787500	1.949	0.1311
ESP_*POP	4	4197.250000	1049.312500	0.350	0.8417
Erro	27	80949.700000	2998.137037		

Total corrigido: 39 159131.900000

CV (%) = 8.99

Média geral: 608.9500000 Número de observações: 40

8. Produtividade - P

Opção de transformação: Variável sem transformação (Y)

TABELA de análise de variância

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
BLOCO	3	12090280.900000	4030093.633333	4.911	0.0075
ESP_	1	20629576.900000	20629576.900000	25.141	0.0000
POP	4	6120822.150000	1530205.537500	1.865	0.1457
ESP_*POP		6261147.350000	1565286.837500	1.908	0.1381
Erro	27	22155414.600000	820570.911111		

Total corrigido: 39 67257241.900000

CV (%) = 7.14

Média geral: 12693.5500000 Número de observações: 40

APÊNDICE B - Arranjo espacial de plantas



Espaçamento entre linhas 0,2 x 0,7 m (Linhas gêmeas), 110.000 plantas ha⁻¹.



Espaçamento entre linhas 0,7 m (Convencional), 110.000 planta ha⁻¹.