

RENAN SOARES DE SOUZA

**POPULAÇÃO DE PLANTAS E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE MILHO
DOCE**

**MARINGÁ
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2011**

RENAN SOARES DE SOUZA

**POPULAÇÃO DE PLANTAS E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE MILHO
DOCE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

**MARINGÁ
PARANÁ-BRASIL
FEVEREIRO – 2011**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

Souza, Renan Soares
S729pPopulação de plantas e componentes de produção de milho
doce / Renan Soares Souza. -- Maringá, 2011.
144 f. : il., figs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá,
Centro Ciências Agrárias, Departamento de Agronomia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2011.

1. *Zea mays* L. 2. Milho doce. 3. Milho doce - Densidade populacional. 4. Milho doce - Produtividade de espigas I. Vidigal Filho, Pedro Soares, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro Ciências Agrárias. Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD 21.ed. 633.15

RENAN SOARES DE SOUZA

**POPULAÇÃO DE PLANTAS E COMPONENTES DE PRODUÇÃO DE MILHO
DOCE**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de fevereiro de 2011.

Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim

Prof. Dr. Édison Miglioranza

Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho
(Presidente)

É preciso não esquecer nada

(Cecília Meireles)

*“É preciso não esquecer nada:
nem a torneira aberta nem o fogo aceso,
nem o sorriso para os infelizes
nem a oração de cada instante.*

*É preciso não esquecer de ver a nova borboleta
nem o céu de sempre.*

*O que é preciso é esquecer o nosso rosto,
o nosso nome, o som da nossa voz, o ritmo do nosso pulso.*

*O que é preciso esquecer é o dia carregado de atos,
a idéia de recompensa e de glória.*

*O que é preciso é ser como se já não fôssemos,
vigados pelos nossos próprios olhos
severos conosco, pois o resto não nos pertence.”*

Provérbios 3:13-18

*“Feliz o homem que acha sabedoria, e o homem que adquire conhecimento;
porque melhor é o lucro que ela dá do que a prata, e melhor a sua renda do
que o ouro mais fino. Mais preciosa é do que pérolas, e tudo o que podes
desejar não é comparável a ela. O alongar-se da vida está na sua mão direita,
na sua esquerda, riquezas e honra. Os seus caminhos são caminhos
deliciosos, e todas as suas veredas, paz. É árvore da vida para os que a
alcançam, e felizes são todos os que a retêm.”*

Aos meus pais, Claudemir e Ciumara.
Aos meus avós, Alcides e Divani *“in memoriam”*.
À minha irmã Ariane.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus e a Jesus Cristo, pela dádiva da vida e bênçãos sem fim, por tudo que tenho, tudo que sou e tudo que ainda vou ser.

À Universidade Estadual de Maringá (UEM) e ao Programa de Pós-graduação em Agronomia (PGA), pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de Bolsa de Estudo.

À Fundação Araucária e ao CNPq, que por meio do Projeto PRONEX, proporcionaram o financiamento do presente trabalho.

Ao Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho, pela Orientação, confiança e por fazer-me expressar todo o meu potencial e capacidade.

Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim, pela Co-orientação e compartilhamento de conhecimentos essenciais à realização deste trabalho.

À Érika Cristina Takamizawa Sato, Secretária do PGA, pela atenção dedicada e amizade.

À minha colega e amiga Dyane Coelho Queiroz, pelo belo laço de amizade construído, pelos bons momentos, risadas e companheirismo.

Aos colegas e amigos Odair José Marques e Ricardo Shigueru Okumura, assim como aos estagiários Daniela Borges Giarola, Deivid Linconl Reche e Vinícius Bovo Cortinove, pelo auxílio prestado, durante toda a condução do presente estudo.

Aos senhores Antônio Rodrigues Queiroz Filho e Francisco Luiz Raimundo, funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), pela ajuda na realização das atividades de campo.

BIOGRAFIA

RENAN SOARES DE SOUZA, filho de Claudemir Soares de Souza e Ciumara Cristina Rosa de Souza, nasceu na cidade de Apucarana (PR), aos 21 dias do mês de novembro de 1986.

Em sua cidade natal, iniciou a sua formação no Jardim I na Pré-escola Girassol, a qual teve sequência no Ensino Infantil, Fundamental e Médio no Colégio Platão, Apucarana (PR).

Em 2004, ingressou no Curso de Agronomia da UEM. Durante o Ensino Superior, de agosto de 2006 a julho de 2008 foi Bolsista de Programa de Iniciação Científica, no Centro Técnico de Irrigação (CTI) da UEM, trabalhando em Projetos de Irrigação e Drenagem e Engenharia de Água e Solo.

Formou-se Engenheiro Agrônomo em 2008 ingressando, no ano seguinte, no Programa de Pós-graduação em Agronomia da UEM, para cursar o Mestrado em Agronomia, Área de Concentração Produção Vegetal.

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE QUADROS	xiii
RESUMO.....	xvii
ABSTRACT	xix
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Características e qualidade do milho doce	4
2.2. Ecofisiologia do milho	8
2.2.1. Características fotossintéticas.....	8
2.2.2. Luminosidade	11
2.2.3. Temperatura.....	14
2.2.4. Disponibilidade hídrica	16
2.3. População de plantas em milho.....	18
2.3.1. Aspectos gerais	18
2.3.2. Aspectos morfofisiológicos.....	21
2.3.3. Respostas do milho à densidade populacional	25
3. MATERIAL E MÉTODOS	33
3.1. Localização e período de realização	33
3.2. Solo e clima	33
3.3. Tratamentos.....	35
3.3.1. Híbrido Tropical Plus	35
3.3.2. Híbrido RB-6324.....	36
3.4. Delineamento experimental	36
3.5. Características das unidades experimentais	36
3.6. Instalação e condução dos experimentos	37
3.7. Irrigação.....	38
3.8. Identificação dos estádios fenológicos	38
3.9. Avaliações fitotécnicas de características da parte aérea	39
3.9.1. Altura média de plantas (m)	39
3.9.2. Altura média de inserção de espiga (cm).....	40
3.9.3. Diâmetro médio do colmo (cm)	40

3.9.4. Índice de área foliar	40
3.10. Colheita.....	41
3.11. Avaliações fitotécnicas de componentes de produção	41
3.11.1. Comprimento médio de espiga (cm)	41
3.11.2. Diâmetro médio de espiga (cm)	42
3.11.3. Número médio de grãos por fileira de espiga.....	42
3.11.4. Massa média de espiga despalhada (g).....	42
3.11.5. Produtividade média total de espigas despalhadas (t ha ⁻¹).....	42
3.11.6. Produtividade média de espigas comerciais despalhadas (t ha ⁻¹)....	42
3.12. Armazenamento pós-colheita das espigas	43
3.13. Avaliação da composição química de grãos	43
3.13.1. Açúcares totais (%)	43
3.13.2. Amido (%)	44
3.14. Análises estatísticas	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
4.1. Condições climáticas	48
4.1.1. Ano agrícola de 2009	48
4.1.2. Ano agrícola de 2010	48
4.2. Características da parte aérea.....	49
4.2.1. Altura média de plantas.....	49
4.2.2. Altura média de inserção de espiga.....	53
4.2.3. Diâmetro médio do colmo	57
4.2.4. Índice de área foliar	61
4.3. Componentes de produção.....	65
4.3.1. Comprimento médio de espiga	65
4.3.2. Diâmetro médio de espiga	69
4.3.3. Número médio de grãos por fileira de espiga.....	74
4.3.4. Massa média de espiga despalhada	78
4.3.5. Produtividade média total de espigas comerciais despalhadas	83
4.3.6. Produtividade média de espigas comerciais despalhadas	90
4.4. Composição química de grãos	95
4.4.1. Açúcares totais.....	95
4.4.2. Amido	99
5. CONCLUSÕES	104
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Precipitação pluvial e temperaturas médias, máximas e mínimas ocorridas durante o período experimental do ano agrícola de 2009 e 2010 (Dados obtidos junto ao LAS/FEI).....	34
Figura 2 - Altura média de plantas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009.....	51
Figura 3 - Altura média de plantas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	52
Figura 4 - Altura média de inserção de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	55
Figura 5 - Altura média de inserção de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	56
Figura 6 - Diâmetro médio de colmo dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	59
Figura 7 - Diâmetro médio de colmo dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	60

Figura 8 - Índice de área foliar dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	63
Figura 9 - Índice de área foliar dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	64
Figura 10 - Comprimento médio de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	67
Figura 11 - Comprimento médio de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010.	68
Figura 12 - Diâmetro de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	72
Figura 13 - Diâmetro de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010.	73
Figura 14 - Número de grãos por fileira de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	76
Figura 15 - Número de grãos por fileira de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	77

Figura 16 - Massa média de espiga despalhada dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	80
Figura 17 - Massa média de espiga despalhada dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	81
Figura 18 - Produtividade média total de espigas despalhadas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	85
Figura 19 - Produtividade média total de espigas despalhadas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	86
Figura 20 - Produtividade média de espigas comerciais despalhadas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	92
Figura 21 - Produtividade média de espigas comerciais despalhadas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	93
Figura 22 - Teor de açúcares totais dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).....	97

Figura 23 - Teor de açúcares totais dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	98
Figura 24 - Teor de amido dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	102
Figura 25 - Teor de amido dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo (P<0,05) pelo teste t de Student (1908).....	102

LISTA DE QUADROS

Página

Quadro 1 - Resultados de análise química de material de solo da área experimental do ano agrícola de 2009	33
Quadro 2 - Resultados de análise química de material de solo da área experimental do ano agrícola de 2010	34
Quadro 3 - Espaçamento entre plantas e número de plantas por metro linear, para obtenção das cinco densidades populacionais	35
Quadro 4 - Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho.....	40
Quadro 5 - Resumo da análise de variância conjunta referente à altura média de plantas (m) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas.....	50
Quadro 6 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica altura média de plantas (m)	53
Quadro 7 - Resumo da análise de variância conjunta referente à altura média de inserção de espiga (cm) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas.....	54
Quadro 8 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica altura média de inserção de espiga (cm).....	57
Quadro 9 - Resumo da análise de variância conjunta referente ao diâmetro médio de colmo de plantas (cm) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas	58

Quadro 10 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica diâmetro médio de colmo de plantas (cm).....	61
Quadro 11 - Resumo da análise de variância conjunta referente ao índice de área foliar de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas	62
Quadro 12 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica índice de área foliar	65
Quadro 13 - Resumo da análise de variância conjunta referente ao comprimento médio de espiga (cm) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas	66
Quadro 14 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica comprimento médio de espiga (cm).....	70
Quadro 15 - Resumo da análise de variância conjunta referente ao diâmetro médio de espiga (cm) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas.....	71
Quadro 16 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica diâmetro médio de espiga (cm)	74
Quadro 17 - Resumo da análise de variância conjunta referente ao número médio de grãos por fileira de espiga de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas.....	75
Quadro 18 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica número de grãos por fileira de espiga.....	78

Quadro 19 - Resumo da análise de variância conjunta referente à massa média de espiga despalhada (g) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas	79
Quadro 20 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica massa média de espiga despalhada (g)	82
Quadro 21 - Resumo da análise de variância conjunta referente à produtividade média total de espigas despalhadas ($t\ ha^{-1}$) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas.....	83
Quadro 22 - Desdobramento do efeito dos anos agrícolas dentro dos híbridos de milho doce utilizados referente à característica produtividade média total de espigas despalhadas ($t\ ha^{-1}$) ...	84
Quadro 23 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica produtividade média total de espigas despalhadas ($t\ ha^{-1}$)	90
Quadro 24 - Resumo da análise de variância conjunta referente à produtividade média de espigas comerciais despalhadas ($t\ ha^{-1}$) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas..	91
Quadro 25 - Desdobramento do efeito dos anos agrícolas dentro dos híbridos de milho doce utilizados referente à característica produtividade média de espigas comerciais despalhadas ($t\ ha^{-1}$).....	92
Quadro 26 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica produtividade média de espigas comerciais despalhadas ($t\ ha^{-1}$)	95
Quadro 27 - Resumo da análise de variância conjunta referente ao teor de açúcares totais (%) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas	96

Quadro 28 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente ao teor de açúcares totais (%)	100
Quadro 29 - Resumo da análise de variância conjunta referente ao teor de amido (%) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas	101
Quadro 30 - Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente ao teor de amido (%).....	103

RESUMO

SOUZA, R.S. de. M.Sc. Universidade Estadual de Maringá (UEM), Fevereiro de 2011. **População de plantas e componentes de produção de milho doce.** Professor Orientador: Dr. Pedro Soares Vidigal Filho. Professor Conselheiro: Dr. Carlos Alberto Scapim.

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da densidade populacional de plantas sobre componentes de produção de dois híbridos de milho doce durante dois anos agrícolas. Os experimentos foram instalados em área de ocorrência de Nitossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, no município de Maringá, PR, durante a safra de verão dos anos agrícolas de 2009 e 2010. O delineamento experimental foi blocos completos casualizados com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se da combinação entre os níveis dos fatores híbridos (Tropical Plus e RB-6324) e densidades populacionais (40.000, 55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹), em dois anos agrícolas (2009 e 2010), utilizando-se, desta forma, o fatorial 2 x 5, uma vez que foi possível a realização da análise conjunta de experimentos, para todas as variáveis resposta avaliadas. Observou-se efeito da população de plantas sobre todas as características. O incremento populacional proporcionou, de maneira geral, acréscimo na altura de plantas e altura de inserção de espigas, e redução no diâmetro de colmo. O aumento linear no índice de área foliar, associado às boas condições climáticas, além de uma irrigação e adubação adequadas, fez com que, no ano de 2009 e 2010, a produtividade total de espigas despalhadas, assim como o rendimento de espigas comerciais sem palha, apresentasse tendência de crescimento, com o incremento na população de plantas. Em maiores densidades populacionais, notou-se redução do comprimento e diâmetro de espiga, entretanto, durante todo o intervalo de densidade de plantas utilizado, os valores dessas características estiveram dentro do padrão para comercialização e utilização industrial. No ano de 2010, para Tropical Plus, o incremento na população de plantas apresentou efeito positivo sobre o número de grãos por fileira de espiga. Também se constatou que são produzidas espigas mais leves, assim como espigas de grãos mais

doces e com menor concentração de amido, quando a densidade populacional é aumentada.

Palavras-chave: *Zea mays* L.; milho especial; densidade populacional; produtividade de espigas.

ABSTRACT

SOUZA, R.S. de. M.Sc. Universidade Estadual de Maringá (UEM), February, 2011. **Plant population and yield components of sweet corn.** Leader: Prof. Dr. Pedro Soares Vidigal Filho. Adviser: Prof. Dr. Carlos Alberto Scapim.

The objective of this work was to evaluate the population density effect of plants upon yield components of two sweet corn hybrids during two agricultural years. The experiments were placed in an area of eutrophic Red Nitosol, argyle texture, in Maringá county, PR, during summer period of 2009 and 2010. The experimental design was randomized blocks with four replications. The treatments based on combination among hybrids (Tropical Plus e RB - 6324) and plant population density (40.000, 55.000, 70.000, 85.000 and 100.000 plants per hectare), in two growing seasons (2009 and 2010), using, in this way, the factorial scheme 2 x 5, since it was possible to perform the joint analysis of experiments, for all characteristics evaluated. It was observed an effect of plant population upon all response variables evaluated. The population increment provided, in general, increase in plant height and height of ear insertion, and reduction in culm diameter. The linear increase in leaf area index, associated with good weather conditions, besides an appropriate irrigation and fertilization, made withal, in 2009 and 2010, the total productivity of husked ears, like the yield of commercial ears without straw, presented growth trend, with increasing plant population. In higher plant densities, it was noted reduction in the length and diameter of the ear, throughout, during all interval population densities used, the values of these characteristics were within the standard for marketing and industrial use. In 2010, for Tropical Plus, the increase in plant population had a positive effect on the number of kernels per ear row. It also found that are produced lighter ears, even as ears of sweeter grains and with lower concentration of starch, when the population density is increased.

Key-words: *Zea mays* L.; special corn; ear yield; population density.

1. INTRODUÇÃO

O milho doce destaca-se dentre as mais de 250 raças catalogadas da espécie *Zea mays* L. (ARAGÃO, 2002). Ele também é utilizado como olerícola, sendo um tipo especial de milho, de alto valor nutricional. Sua principal característica é possuir genes que limitam a biossíntese de amido, que causa acúmulo de polissacarídeos solúveis de caráter adocicado no endosperma (MAGGIO, 2006).

As principais utilizações alimentares de milho doce são em conserva (enlatado), através do processamento pelas indústrias de produtos vegetais, e consumo *in natura*. Também pode ser congelado na forma de espigas ou grãos, desidratado, colhido antes da polinização e usado como “Baby Corn” ou minimilho. Após a colheita, a palhada pode ser utilizada para silagem, destinada à alimentação animal (TEIXEIRA et al., 2001; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006).

Esse cereal é muito popular nos três países da América do Norte. Nestes, o milho doce é tradicionalmente consumido “in natura” (BORDALLO et al., 2005). Segundo a USDA (2010), em 2008, mundialmente, cultivava-se 1.042.274 ha de milho doce, com uma produção de 9.182.177 t de espigas verdes, sendo os principais produtores os Estados Unidos (42%), México (7%) e Nigéria (6%). Não foi constatada a presença do Brasil na lista dos 55 países que mais produziram milho doce no mundo.

O Brasil possui um grande potencial para a produção de milho doce, uma vez que é um dos maiores produtores de milho comum do mundo (BORDALLO et al., 2005). Este seguimento vem apresentando crescimento e a tendência é que seja mantido, visando principalmente o mercado para exportação (BARBIERI et al., 2005). Considerando-se que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) aceita o milho doce como um produto hortícola, juntamente com o milho verde (TEIXEIRA et al., 2009), em 2006, observou-se no Brasil uma produção de 268.265 t de espigas verdes. São Paulo, Pernambuco, Paraíba, Minas Gerais e Bahia eram, em ordem

decrecente de importância, considerados os principais estados produtores (IBGE, 2006).

O milho doce pode ser vendido a preços mais elevados no mercado, devido ao seu sabor adocicado, sendo uma boa alternativa de cultivo para agricultores, em áreas próximas a grandes centros urbanos (SOUZA et al., 1990). Desta forma, é possível que em pouco tempo, o milho doce se torne uma importante cultura hortícola no Brasil, podendo ser uma alternativa agrônômica rentável (ARAÚJO et al., 2006).

O crescente interesse por esse milho especial incentivou algumas empresas do setor sementeiro manter programas de melhoramento genético, que resultou em maior número de híbridos comerciais (GAMA et al., 1992; LEMOS et al., 2002a). Desta maneira, o estudo de práticas de manejo mais adequadas para esses híbridos é de fundamental importância (BARBIERI et al., 2005).

Alterações na densidade de plantas, por meio do espaçamento entre linhas e da distribuição de plantas na linha de cultivo, proporcionam diferentes arranjos de plantas. A densidade de plantas é uma das práticas culturais que mais afeta o rendimento de grãos de milho (ARGENTA et al., 2001a), tornando-se estudos nessa área importantes. Entre os fatores envolvidos na obtenção de alta produtividade, em milho, estão o híbrido a ser utilizado, o espaçamento entre linhas e a população de plantas (BARBIERI et al., 2005).

O milho é uma das espécies de importância agrícola que apresenta maior potencial de utilização da radiação solar para a conversão de carbono mineral em carbono orgânico e o seu posterior acúmulo nos grãos, e um dos fatores que contribui para isso é a sua natureza fotossintética C_4 (VEGA et al., 2001; ARGENTA et al., 2003; STRIEDER et al., 2007).

O incremento na densidade de plantas leva à maior interceptação da radiação solar pela cultura do milho (SANGOI et al., 2002b), que pode aumentar o rendimento de grãos da cultura, pois este depende da quantidade e eficiência da radiação solar interceptada, da eficácia de como esta é convertida em biomassa vegetal e de como os assimilados são particionados à estrutura de interesse econômico (ARGENTA et al., 2003).

O aumento populacional pode, todavia, reduzir a eficiência de conversão da energia solar à produção de grãos, favorecer a esterilidade

feminina, aumentar o intervalo entre antese e espigamento e reduzir o número de grãos por espiga, devido aos aspectos fisiológicos, induzidos pela qualidade da luz incidente sobre as folhas das plantas (SANGOI e SALVADOR, 1998; SANGOI et al., 2002b; PIANA et al., 2008; HAMMER et al., 2009).

As características das cultivares modernas de milho (comum), de ciclo mais curto, porte mais baixo, menor número de folhas e de folhas com angulação mais ereta, proporcionaram um incremento no potencial de resposta da planta ao aumento na densidade de semeadura, pois houve aumento na eficiência da utilização da radiação solar (RUSSEL, 1991).

No caso do milho comum, existem vários trabalhos e recomendações em relação às densidades de semeadura e espaçamentos a serem utilizados, conforme as condições do cultivo (DOURADO NETO et al., 2003; DEMÉTRIO et al., 2008; SANGOI et al., 2009; BRACHTVOGEL et al., 2009, KVITSCHAL et al., 2010). Entretanto, no caso do milho doce, poucas são as fontes disponíveis, especialmente para a região Noroeste do Paraná, que faz com que agricultores utilizem recomendações sugeridas para o milho comum, as quais nem sempre são as ideais para esses cultivos.

Neste contexto, considerando a carência de informações referentes à influência da densidade populacional na resposta fenotípica do milho doce, justifica-se a realização do presente estudo, que objetiva avaliar os efeitos da população de plantas sobre seus componentes de produção, no período de cultivo de “Verão”, na região Noroeste do Paraná.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Características e qualidade do milho doce

Botanicamente, o milho doce (*Zea mays* L. grupo saccharata) pertence à família das Poáceas ou Gramíneas, tribu *Maydeae*, do gênero *Zea*. Originário da América, provavelmente da região onde se situa o México, foi domesticado em um período entre 5.000 – 8.000 a.C. (ARAGÃO, 2002). Vestígios de espigas e pólen de milho encontrados no vale do Tehuacán, na região onde hoje se localiza o México, indicaram que a domesticação dessa espécie iniciou-se em data anterior a 5.400 a.C. (WIETHÖLTER, 2005).

O milho doce (*Zea mays* L.) é classificado como especial e destina-se exclusivamente ao consumo humano (BORIN, 2005), porém, também pode ser utilizado na alimentação animal como silagem (TEIXEIRA et al., 2001; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006). Esse milho especial apresenta a mesma botânica e reprodução que o milho comum (ARAGÃO, 2002).

Quanto aos aspectos vegetativos, a planta possui em média de 1,30 a 2,50 m de altura, caule ereto, cilíndrico, fibroso, separado em porções por gomos, e, geralmente, recoberto por uma parte da folha, denominada bainha. As folhas são de tamanho médio a grande, cor verde-escura a verde-clara, flexíveis e tem uma nervura central branca, lisa e bem visível (PAIVA et al., 1992).

Com relação aos aspectos produtivos, a planta produz flor masculina (flecha ou pendão) na sua parte mais alta, onde produz os grãos de pólen e a flor feminina (espiga) à meia altura. Cada fio (cabelo) que sai da espiga é responsável pela produção de um grão, depois de fecundada (HUELSEN, 1954). Os grãos maduros e secos ficam totalmente enrugados e com aspecto vítreo, devido ao baixo teor de amido na sua composição (SOUZA, 2005).

A cultura do milho doce, normalmente, é implantada somente uma vez ao ano, sua propagação é feita por sementes e o plantio é feito diretamente no campo. Produz bem em épocas do ano com média a alta temperatura e boa disponibilidade de água no solo durante todo o ciclo da planta, que

normalmente ocorre em regiões e épocas aptas para o cultivo, na safra de verão. A colheita de espigas é feita, quando os grãos estão em estado leitoso (HUELSEN, 1954).

A porcentagem de germinação do milho doce é menor que a do milho comum (WATERS JÚNIOR e BLANCHETTE, 1983). Esse desempenho inferior é atribuído principalmente a algumas características que os diferenciam. Entre estas, estão as menores quantidades de amido na semente do milho doce, a cristalização de açúcares no endosperma e a formação de espaços internos entre a camada de aleurona e o pericarpo das sementes, que ocorrem durante a desidratação, fazendo com que apresentem aspecto enrugado, que torna o pericarpo mais frágil e mais suscetível aos danos físicos e à entrada de patógenos (DOUGLAS et al., 1993).

O baixo teor de amido contido nas sementes de milho doce implica em baixo vigor e baixa germinação, dificultando a obtenção do estande adequado (LE MOS et al., 2002b). Desta forma, muitos agricultores têm optado por semear uma maior quantidade de sementes e depois desbastar. Uma excelente alternativa, para melhorar o desempenho de germinação, seria a utilização de cultivares do grupo doce, principalmente em plantios de inverno, onde a germinação da semente superdoce é crítica (MAGGIO, 2006).

A principal característica do milho doce é possuir pelo menos um dos oito alelos mutantes, que afetam a biossíntese de carboidratos no endosperma, sendo os principais: *shrunken-2 (sh2)*, localizado no cromossomo 3; *brittle (bt)*, no cromossomo 5; *sugary enhancer (se)*, *sugary (su)* e *Brittle-2 (bt2)*, todos no cromossomo 4. Existem, ainda, o *dull (du)*, no cromossomo 10, *waxy (wx)*, no cromossomo 9; e *amilose extender (ae)*, no cromossomo 5. Suas formas de atuação podem ser simples ou em combinações duplas ou triplas. Em virtude do maior teor de açúcares, pode apresentar algumas características indesejáveis, como baixa produtividade e baixa resistência ao ataque de pragas e doenças, quando comparado ao milho comum (TRACY, 2001; OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2007).

Uma classificação para o milho doce, em dois grupos básicos, foi sugerida por Parentoni et al. (1990): milho doce contendo o gene *sugary (su)* e milho superdoce contendo o gene *brittle (bt)*, *shrunken (sh)* ou *sugary enhancer (se)*. Os grãos de milho doce *sugary* possuem um alto teor de

polissacarídeo solúvel em água (WSP = water soluble polysaccharide), um carboidrato de cadeia ramificada, responsável pela melhor estrutura do grão (ARAGÃO, 2002).

Na fase de grãos leitosos, isto é, milho verde, os grãos são tenros e apresentam maior quantidade de açúcares em relação ao milho verde comum (TERRA, 2004). Em termos de composição química, o milho doce comparado com o milho comum apresenta, respectivamente, 34,7% e 68,7% de amido, e em relação à composição desse amido tem-se 32,6% e 25% de amilose e 67,4% e 75% de amilopectina, respectivamente (ZÁRATE e VIEIRA, 2003). Enquanto o milho comum apresenta em torno de 3% de açúcar e entre 60% e 70% de amido, o milho doce tem em torno de 9% a 14% de açúcar e 30 a 35% de amido, e o superdoce tem em torno de 25% de açúcar e 15 a 25% de amido (PEREIRA FILHO e CRUZ, 2002).

O milho doce difere do milho comum, desta forma, não por características taxonômicas, mas sim por características químicas dos grãos, em função do alto teor de açúcares e baixo teor de amido (ARAÚJO et al., 2006). Como o teor de amido é mais baixo, não é indicado para elaboração de pamonha e curau, onde a presença do amido é fundamental (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2006).

Os híbridos utilizados, atualmente, no Brasil, são da classe superdoce, contendo o alelo *sh2*, especialmente pelo fato de proporcionarem um período de colheita maior (MAGGIO, 2006). Em plantas com esse genótipo, a perda de água dos grãos é mais demorada, devido ao maior potencial osmótico conferido pela alta concentração de açúcar no endosperma dessas estruturas (TRACY, 2001).

Há preocupação crescente com a qualidade nutricional de produtos alimentícios, assim como com a aparência e as características sensoriais ideais. O conhecimento da composição química é de fundamental importância para se alcançar sucesso na tecnologia pós-colheita do milho verde (MARCOS et al., 1999).

A qualidade do milho doce é avaliada pela sua composição química, principalmente pela concentração dos carboidratos, como, por exemplo, açúcares redutores (glucose e frutose), sacarose e polissacarídeos solúveis em água (SCAPIM, 1994). Também podem ser avaliadas propriedades físicas, como textura e espessura do pericarpo (HUELSEN, 1954).

No milho verde, os carboidratos simples como sacarose e frutose e o teor de amido definem atributos de qualidade, sendo de extrema importância sua investigação, nesse estágio, para melhor recomendação ao produtor e aceitação do consumidor (CANIATO et al., 2004). Os principais açúcares encontrados no milho doce são a glicose, frutose, galactose e sacarose (HUELSEN, 1954).

Além do sabor adocicado e da elevada qualidade nutricional, o milho doce também apresenta melhores características sensoriais, como melhor palatabilidade dos grãos (sabor, maciez e textura) e aparência das espigas. Estes diferenciais conferem ao milho doce uma aptidão ao consumo humano, sendo também considerado como olerícola. Especialmente no que diz respeito ao teor de açúcar, as características exigidas pelo mercado consumidor de milho doce e superdoce diferem-se das do milho comum (MAGGIO, 2006). Há preferência de espigas com maior teor de açúcar e menor teor de amido, para a industrialização, que também é desejado para o consumo *in natura*, devido à maior palatabilidade (PEREIRA FILHO e CRUZ, 2002).

Novas cultivares de milho doce e superdoce foram lançadas no mercado brasileiro, a partir do ano de 2002, e têm sido cultivadas por vários produtores de diversas regiões, havendo destaque para as cultivares Tropical, Tropical Plus, RB-6324 e SW 177. A cultivar Tropical apresenta alto potencial produtivo, assim como boa qualidade de grãos para a indústria (MAGGIO, 2006).

Atualmente, é necessário o emprego de alta tecnologia no cultivo do milho doce, pois a indústria requer cultivares que, além de produtivas, sejam uniformes quanto à maturação, tamanho e forma das espigas (TEIXEIRA et al., 2001). A uniformidade na altura das plantas e espigas, características essas que podem ser conseguidas pelo emprego de híbridos simples; uniformidade no teor de umidade nos grãos, que auxilia na palatabilidade do produto e na manutenção do sabor; alta produção de grãos por espiga; e textura uniforme dos grãos, assim como a presença de pericarpo fino, são as principais características que as indústrias consideram necessárias (HUELSEN, 1954).

Também há preferência por espigas maiores (em torno de 20 cm de comprimento) e grãos longos, devido à maior eficiência das máquinas deganadoras para retirar grãos inteiros (PEREIRA FILHO et al., 2003). Por sua

vez, os consumidores preferem grãos de coloração amarelo-alaranjada e pericarpo fino, contribuindo para a maior maciez do grão (LEMOS et al., 1999).

De acordo com a Embrapa (2002), outras características observadas para a industrialização de milho doce são: rendimento acima de 30%, ou seja, a cada 100 kg de espigas com palha são produzidos 30 kg de grãos enlatados; período longo de colheita (entre cinco e seis dias, com umidade entre 69 e 75%); espigas com mais de 16 fileiras de grãos, o que permite um rendimento industrial mais elevado; menos de 14 camadas de palhas, para não prejudicar o rendimento industrial, e mais de sete camadas, para que não ocorra falta de proteção nas espigas e facilidade de ataque de pragas e doenças, resultando em queda na qualidade; e Brix em torno de 30% (MAGGIO, 2006).

Uma alta porcentagem de espigas comerciais, assim como elevado peso de espigas comerciais, são de fundamental importância, uma vez que a comercialização também é feita com base nesses atributos. Um maior comprimento e diâmetro médio de espigas são desejáveis, sendo que normalmente, o padrão comercial aceita espigas maiores que 15 cm de comprimento e 3 cm de diâmetro (ALBUQUERQUE et al., 2008).

Uma menor concentração de amido implica em maior palatabilidade do produto, porém a proporção ideal entre açúcares e amido depende do destino final ou forma de preparo das espigas (PARENTONI et al., 1990). Uma umidade entre 70 e 80% nos grãos é desejável para a colheita do milho verde (PEREIRA FILHO et al., 2003), pois, nesse intervalo, grande parte do amido ainda não se acumulou, e o sabor adocicado característico do produto fresco se deve à presença de açúcares livres nos grãos. Segundo metodologia proposta por Caniato et al. (2007), o milho verde deve ser colhido quando atinge o estágio leitoso e este ocorre, normalmente, quando o estilo-estiga se desprende da espiga com facilidade, através do arranque manual.

2.2. Ecofisiologia do milho

2.2.1. Características fotossintéticas

O milho pertence ao grupo de plantas com metabolismo fotossintético do tipo C₄, que se caracteriza pelo elevado potencial produtivo. A eficiência

quântica do milho, isto é, a eficiência de uso da radiação solar é uma das maiores dentre o grupo C_4 , com valor médio entre 64,5 a 69 mmol mol^{-1} , enquanto outras espécies C_4 apresentam valores em torno de 52,6 a 60,4 mmol mol^{-1} (HATTERSLEY, 1984). A fotossíntese é a responsável por grande parte da massa seca do milho (90%), por meio da fixação de CO_2 (MAGALHÃES et al., 2002).

Várias respostas do milho aos fatores do ambiente decorrem de seu mecanismo fotossintético C_4 , fazendo com que sua produtividade de grãos seja elevada e maior, quando comparada a outras espécies cultivadas sem o mesmo mecanismo (BERGAMASCHI et al., 2004).

O ciclo C_4 básico consiste de quatro estádios: (1) fixação do CO_2 pela fosfoenolpiruvato carboxilase (PEPcase) nas células do mesofilo, para formar um ácido C_4 (malato e/ou aspartato), que é o primeiro produto estável da fotossíntese; (2) transporte dos ácidos C_4 para a bainha vascular; (3) descarboxilação dos ácidos C_4 dentro da bainha vascular gerando CO_2 , que é então refixado pela enzima ribulose-1-5-bifosfato (rubisco) e reduzido a carboidrato via ciclo de Calvin; (4) transporte do ácido C_3 (piruvato ou alanina), formado na etapa de descarboxilação, de volta à célula do mesofilo e regeneração do aceptor de CO_2 fosfoenolpiruvato (LANGDALE et al., 1988; FURBANK e TAYLOR, 1995; TAIZ e ZEIGER, 2004).

Ainda de acordo com esses autores, o ciclo transfere efetivamente CO_2 da atmosfera para as células da bainha vascular (FIGUEREDO JÚNIOR, 2004). Esse processo de transporte gera uma concentração de CO_2 , nas células da bainha vascular, mais elevada do que poderia ocorrer se houvesse equilíbrio com a atmosfera externa à folha. Esta concentração elevada de CO_2 nos sítios de carboxilação da rubisco resulta na supressão da oxigenação da rubisco e, por consequência, da fotorrespiração (FURBANK e TAYLOR, 1995).

Nas plantas C_4 , o CO_2 é continuamente concentrado em células dispostas em forma de anel que circundam os feixes vasculares. Também há um eficiente transporte de materiais produzidos pela fotossíntese para outras partes da planta, que se constituem em sítios de consumo, em virtude da maior proximidade dos feixes vasculares das células produtoras de carboidratos com a bainha vascular das folhas (BROWN e HATTERSLEY, 1989). Além de sua anatomia foliar característica, as plantas com fotossíntese C_4 distinguem-se por

baixa perda de CO₂ na luz (fotorrespiração) e baixo consumo de água por unidade de massa seca (EHLERINGER e BJÖRKMAN, 1977).

Magalhães et al. (2002) relataram que a PEPcase, enzima responsável pela fixação de CO₂ em plantas C₄, é cerca de 100 vezes mais eficiente que a rubisco. Isso faz com que o ponto de compensação de CO₂ no milho (planta de mecanismo C₄) seja de 5 a 10 ppm, enquanto que no feijão (planta de mecanismo C₃), por exemplo, seja de 30 a 70 ppm.

Por ser uma espécie de metabolismo C₄, a máxima área foliar, quando coincide com a maior disponibilidade de radiação solar, desde que não haja déficit hídrico, proporciona elevadas produtividades. Neste caso, como há aumento do fluxo energético e da evapotranspiração, há também maior necessidade hídrica da cultura (BERGAMASCHI et al., 2004).

As plantas com metabolismo C₃ são caracterizadas pelo seguinte processo fotossintético, resumidamente: o CO₂ é fixado pela rubisco, que catalisa uma reação que leva à formação de um composto de três carbonos 3-fosfoglicerato (3-PGA), que é o primeiro produto estável da fotossíntese (PORTIS e PARRY, 2007); fosforilação e redução do 3-PGA por ATP e NADPH a triose fosfato (TP); transporte da TP do cloroplasto para o citosol, no qual é usada na síntese de sacarose, que é translocada por meio da planta, ou retida no cloroplasto, para que possa ser usada na síntese ou reciclagem da rubisco (FURBANK e TAYLOR, 1995).

O grande problema da fotossíntese em plantas C₃ é que a enzima rubisco pode catalisar dois tipos de reações: a de oxigenação e a de carboxilação. O O₂, por competir com o CO₂ pelo sítio catalítico da rubisco, pode causar grandes perdas de energia, devido à ocorrência da fotorrespiração, reduzindo a fixação de carbono em até 25 a 30% (LANGDALE et al., 1988; LONG et al., 2006).

A maior eficiência do metabolismo C₄ em condições de alta luminosidade e temperatura, assim como menor disponibilidade de água, faz com que ele se torne vantajoso quando comparado com o metabolismo C₃ (EHLERINGER e BJÖRKMAN, 1977). Essas condições ambientais são mais críticas em plantas C₃, as quais, se submetidas a elevadas temperaturas, por exemplo, podem mostrar menor eficiência na fotossíntese, em virtude da maior taxa de fotorrespiração (LONG et al., 2006).

Entre plantas C₃ e C₄, o grande diferencial está relacionado à fotorrespiração. Este processo faz com que, no metabolismo C₃, perca-se de 20 a 50% da fixação de carbono, enquanto que, na via C₄, não ocorrem perdas mensuráveis de CO₂ pela reação inibitiva com o O₂ (FIGUEREDO JÚNIOR, 2004; TAIZ e ZEIGER, 2004; ANDRADE JÚNIOR et al., 2007).

2.2.2. Luminosidade

A radiação solar é a principal fonte de energia para os processos fisiológicos e bioquímicos que ocorrem nos vegetais (RIVINGTON et al., 2005). Desta forma, a produção final de biomassa depende, fundamentalmente, da eficiência com que as folhas convertem energia radiante em energia química por meio da fotossíntese (RADIN et al., 2003).

O aspecto crítico de radiação solar, como fator ambiental, está ligado à intensidade e à duração da luz. O processo de fotossíntese depende da radiação solar, a qual, por sua vez, oferece energia para conversão de CO₂ e H₂O em composto orgânico. A taxa de fotossíntese aumenta com o aumento de intensidade da luz até certo ponto e, depois, o processo é independente desta (FAGERIA, 1998). A necessidade de radiação solar para a cultura do milho é de 32-86 Klux (WANN, 1977).

A fotossíntese diminui de intensidade em baixa luminosidade, e pode chegar ao ponto da planta de milho não aumentar a sua massa, pois a fotossíntese líquida será zero e a planta não terá atingido o ponto de compensação para esse fator; isto é, aquele nível metabólico em que os assimilados sintetizados na fotossíntese são consumidos na respiração e em outros processos vitais (ANDRADE, 1992).

Em casos de elevada luminosidade, pode haver saturação da fotossíntese, onde outros fatores que não a luz incidente, como a taxa de transporte de elétrons, atividade da rubisco ou o metabolismo da triose fosfato, tornam-se limitantes à fotossíntese. Além disso, pode ocorrer fotoinibição, quando as folhas são expostas a uma quantidade de luz maior do que podem utilizar, resultando em danificação e inativação do fotossistema II, prejudicando, desta forma, o processo fotossintético (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Chang (1981) verificou ser o comprimento do dia o principal componente climático interferente na produtividade do milho. O acréscimo observado nas produtividades com o aumento do comprimento do dia reflete o incremento na taxa fotossintética.

De acordo com Warrington e Kanemasu (1983), um fotoperíodo maior acelera o desenvolvimento da folha, sendo que, aparentemente, algumas cultivares respondem mais ao fotoperíodo que outras. Segundo esses autores, a área fotossinteticamente ativa, a evapotranspiração da cultura, a produção de massa seca e a produção final são influenciadas pela incidência da radiação solar.

Kiniry et al. (1983) observaram que o milho é sensível ao fotoperíodo no período de quatro a oito dias antes da iniciação da inflorescência masculina, e também quando aproximadamente 30 a 50% do número total de folhas estão visíveis (TOLLENAAR e HUNTER, 1983).

Se a radiação incidente no período compreendido entre 15 dias antes (emborrachamento) e 15 dias após o florescimento (grãos leitosos) for reduzida, há diminuição de 40 a 50% do rendimento de grãos de milho (FISCHER e PALMER, 1984).

A destruição de 25% da área foliar do milho (em sua porção apical), próximo à etapa do florescimento, da mesma forma, pode propiciar uma redução de 32% na produção de grãos. Isto pode ser explicado em virtude de que grãos em formação tornam-se “drenos” preferenciais para a planta após a fecundação. Portanto, fatalmente ocorrerá queda considerável de produção em decorrência da redução da taxa fotossintética das folhas superiores (fonte) após o florescimento (FANCELLI, 1988).

Segundo Bonhomme et al. (1994), as unidades térmicas por si só não são suficientes para estimar o subperíodo da emergência da plântula à floração nas cultivares tropicais, pois, além dos graus-dia, o fotoperíodo também afeta a duração deste subperíodo, sendo que a resposta das cultivares a esses fatores tem sido diferente.

Como planta C₄, as folhas do milho não se saturam em condições de campo, mesmo sob elevadas intensidades de radiação, possibilitando, em geral, efeitos positivos na produtividade do milho, em especial no decorrer do estágio de “enchimento de grãos” (SEARSBROOK e BOSS, 1973). A maior

sensibilidade da planta à deficiência luminosa ocorre no florescimento e em parte da fase reprodutiva (MAGALHÃES et al., 2002), podendo causar atrasos na maturação dos grãos e queda de produção, por interferir negativamente no processo fotossintético (CRUZ et al., 2006).

A definição do número de drenos estabelecidos pela planta é influenciada significativamente pela taxa de crescimento da planta e partição de massa seca entre órgãos vegetativos e reprodutivos, no período imediatamente antes e após o pendoamento (ANDRADE et al., 1999). Assim, condições ambientais e fisiológicas das plantas, como a eficiência de uso da radiação interceptada, as condições de temperatura e o status fisiológico da cultura nesse período, determinar-se-ão as taxas de crescimento, o número potencial de grãos e, conseqüentemente, o potencial produtivo da planta (OTEGUI e BONHOMME, 1998).

Os órgãos clorofilados trabalham somente em determinadas faixas de comprimento de onda do espectro solar. Assim, quando a energia luminosa dos fótons é convertida em energia química, através da fotossíntese nas folhas, são utilizadas apenas as radiações com comprimento de onda entre 400 e 700 nm, com uma eficiência variável dentro deste intervalo (MOREIRA et al., 1999; TAIZ e ZEIGER, 2004).

A quantidade de radiação nas faixas de vermelho extremo (Ve) e vermelho (V) pode regular, por meio de fitocromos, a distribuição dos fotoassimilados e o padrão de crescimento das plantas de milho dos híbridos atuais, os quais apresentam menor número de folhas, folhas mais eretas e menor área foliar, que minimiza a competição entre plantas e reduz a quantidade de vermelho extremo refletida pela comunidade (ALMEIDA et al., 2000).

Uma relação Ve/V mais baixa pode ser obtida, desta forma, em altas densidades populacionais, que melhora a eficiência de absorção luminosa. As condições endógenas para um desenvolvimento alométrico mais equilibrado entre as inflorescências das plantas de milho são alcançadas, minimizando a esterilidade feminina e propiciando melhores condições para o desenvolvimento de maior número de espiguetas funcionais nas espigas de milho (SANGOI, 2001).

2.2.3. Temperatura

A temperatura é o fator que mais influencia o crescimento e desenvolvimento das plantas, embora todo o complexo climático também exerça influência (BERLATO et al., 1984).

No processo germinativo do milho, Delouche (1953) estabeleceu que a temperatura mínima varia entre 8°C e 10°C e a máxima entre 32°C a 35°C, enquanto que nas temperaturas entre 40°C e 44°C não ocorre germinação.

Durante o período de semeadura à emergência, o desenvolvimento tem relação direta com a temperatura do solo, mas também é afetado pela temperatura do ar, ocorrendo a emergência em 8 a 10 dias sob temperaturas médias de 16 a 18°C e em 18 a 20 dias sob 10 a 13°C; em solo úmido e sob temperaturas em torno de 21°C, em 5 a 6 dias (SHAW, 1988).

Miedema (1982) concluiu que as diversas etapas de desenvolvimento inicial da planta do milho são maximizadas entre 30 e 35°C, estando as temperaturas mínimas compreendidas entre 6 e 8°C. Em geral, considera-se que a exploração econômica de milho não é recomendada para regiões onde as temperaturas médias diurnas e noturnas são inferiores a 19°C e 12,8°C, respectivamente (ANDRADE et al., 1991).

Em relação ao período vegetativo do milho, a temperatura do ar é o fator climático que influencia na determinação da duração dos estádios fenológicos de crescimento e desenvolvimento de híbridos considerados insensíveis ao fotoperíodo (LOZADA e ANGELOCCI, 1999b). A ocorrência de amplitudes térmicas oscilando entre 15-20°C entre o dia e a noite favorece a cinética do crescimento e desenvolvimento das plantas de milho, resultando em elevados rendimentos de grãos, sendo a fase crítica os estágios de 12 folhas e de grãos leitosos (RITCHIE E HANWAY, 1993).

O florescimento e a maturação do milho ocorrem mais rapidamente quando as temperaturas médias do ar situam-se ao redor de 25°C, havendo um retardamento à medida que se diminui essa temperatura. Não é possível o cultivo dessa planta quando a temperatura média do verão for inferior a 19°C, ou se a temperatura média noturna dessa estação for inferior a 13°C (PASCALE, 1953). Estudando o efeito da alta temperatura na viabilidade do pólen, Herrero e Johnson (1980) observaram que a exposição prolongada a

temperaturas acima de 32°C reduz a germinação dos pólenes, sendo que, em alguns genótipos, essa redução pode chegar a 100%.

Com relação ao período de “enchimento” dos grãos, Singletary et al. (1994) observaram redução linear na massa seca unitária de grãos de milho e no conteúdo de amido no endosperma, quando a temperatura, no decorrer do período entre 16 e 22 dias após a polinização, elevou-se acima de 22°C, que pode ser atribuído em parte ao fato de que a taxa de crescimento do endosperma não consegue intensificar-se expressivamente a ponto de compensar a redução no período de “enchimento” (AUDE et al., 1996) e em parte ao declínio da atividade enzimática relacionada ao metabolismo de carboidratos (HALE e ORCUTT, 1987).

A ocorrência de temperaturas noturnas de 29,4°C, no período de antese à maturidade fisiológica, ocasiona queda de 40% na produtividade, encurtamento do ciclo e senescência foliar precoce (PETERS et al., 1971). Isto ocorre pois, quando há elevação da temperatura do ar, há redução da taxa fotossintética líquida em função do aumento da respiração, interferindo diretamente na produção (HALE e ORCUTT, 1987).

Desta forma, altas temperaturas noturnas não são benéficas para a produção de milho. Temperaturas elevadas dominantes no período noturno (maiores que 24°C) promovem um consumo energético elevado, em função do incremento da respiração celular, ocasionando redução no saldo de fotoassimilados, com conseqüente queda na produtividade da cultura (MOSS et al., 1961; HOEFT, 2003).

A duração de subperíodos e ciclos da planta estão associados às variações das condições ambientais e não ao número de dias, sendo, desta forma, não recomendável a avaliação dessa duração temporalmente. A temperatura tem-se apresentado como elemento climático fundamental para predizer os eventos fenológicos da cultura, desde que não haja deficiência hídrica (GADIOLI et al., 2000).

Os métodos que se baseiam somente na temperatura do ar, para análise do desenvolvimento vegetal, pressupõem uma linearidade entre temperatura e o desenvolvimento da cultura. Entre esses métodos, o de graus-dia ($^{\circ}\text{C dia}^{-1}$) ou unidades térmicas é bastante utilizado, pois assume que existe uma temperatura (denominada temperatura base) abaixo da qual a planta não

se desenvolve ou o faz de maneira muito reduzida e lentamente (BRUNINI et al., 2001). Normalmente, para o milho, a temperatura-base superior é elevada, e raramente atingida nas condições climáticas onde as culturas se desenvolvem. Portanto, geralmente não se considera o limite superior e utiliza-se somente a temperatura-base inferior (LOZADA e ANGELOCCI, 1999a).

As temperaturas basais do milho, inferior e superior, são 10°C e 45°C, respectivamente, enquanto que a faixa ótima varia entre 28 a 35°C (WISLIE, 1962), que são próximos aos valores reportados por Kiniry e Bonhomme (1991).

Para que uma etapa do ciclo de desenvolvimento seja completada, um valor constante de soma térmica deve ser atingido, dependendo do material genético, mas independentemente do local ou época de semeadura. Desta forma, há uma relação linear entre a temperatura e a taxa de desenvolvimento relativo (PRETT, 1992; GADIOLI et al., 2000).

Os híbridos de milho disponíveis no mercado podem ser classificados em três categorias principais, conforme suas exigências térmicas para ocorrência do pendoamento-espigamento: superprecoces (780 a 830 °C dia⁻¹); precoces (831 a 890 °C dia⁻¹); e tardios (890 a 1200 °C dia⁻¹) (GADIOLI et al., 2000; SANGOI et al., 2002c).

2.2.4. Disponibilidade hídrica

Para a obtenção de máximos rendimentos na cultura do milho, quando as demais práticas de manejo são adotadas adequadamente, como preparo de solo, época de semeadura, adubação e densidade de plantas, a presença de água no solo é de extrema importância (RESENDE et al., 1990).

A falta de água pode retardar o aparecimento das folhas, reduzindo a área foliar, assim como o tamanho das plantas, ocasionando atraso no enchimento de grãos e reduzindo a produtividade. Desta forma, o déficit hídrico pode afetar o crescimento e desenvolvimento da planta de milho, ao longo do seu ciclo de vida. A diminuição da área foliar implica em menor quantidade de energia interceptada, além da menor eficiência de conversão desta energia, e diminuição da fotossíntese de folhas, modificando o balanço de energia do sistema (NESMITH e RITCHIE, 1992).

Se a cultura do milho não for submetida à irrigação, seu requerimento de água é grande, variando entre 500 a 800 mm, aproximadamente, embora haja uma exigência mínima de 350 a 500 mm para que se obtenha a máxima expressão do potencial produtivo (ALDRICH et al., 1982). Normalmente, a demanda de água é maior e crítica na fase entre a antese e a maturação leitosa, na qual o IAF mantém-se próximo do máximo (NIED et al., 2005). Neste período, foram relatados valores de evapotranspiração diária de 6,6 mm dia⁻¹ por Matzenauer et al. (1995) e de 11,0 mm dia⁻¹ por Radin et al. (2000).

A redução observada no número de grãos das espigas de milho pode ser atribuída à ocorrência de estresse hídrico logo antes da antese, fazendo com que o desenvolvimento dos estilos-estigmas (“cabelo”) em relação ao desenvolvimento dos grãos de pólen no “pendão” possa ser retardado por vários dias. Pode haver um aumento no intervalo entre antese-florescimento feminino, causando assincronismo entre liberação do pólen e emergência do “cabelo”, com consequentes falhas na polinização (WESTGATE e BOYER, 1986). Na antese, a água compreende cerca de 60% da massa fresca do pólen do milho (KERHOAS et al., 1987). Desta forma, este é considerado intolerante à dessecação, por perder água rapidamente, com decréscimo na sua viabilidade quando em ambiente com reduzida umidade (BUIKINK et al., 1996).

Os subperíodos do ciclo do milho, nos quais o déficit hídrico acarreta em quedas na produtividade são: a) iniciação floral e desenvolvimento da inflorescência, momento em que o número potencial de grãos é determinado; b) período de fertilização, quando o potencial de produção é fixado. Nesta fase, a presença da água também é fundamental para evitar a desidratação do grão de pólen e garantir o desenvolvimento e a penetração do tubo polínico; c) enchimento de grãos, quando ocorre o aumento na deposição de massa seca, pois o processo de fotossíntese depende diretamente da água, e o estresse vai resultar na menor produção de carboidratos, que implica em menor volume de massa seca nos grãos (MAGALHÃES et al., 1995; BERGAMASCHI et al., 2004; BERGAMASCHI et al., 2006).

Condições ambientais de deficiência hídrica, vigentes no decorrer do período de pós-florescimento, influenciam a fertilidade da espiga, ocorrendo aborto de óvulos fecundados mesmo após 100°C dias do florescimento, momento este coincidente com a “lag phase” do enchimento dos grãos (CIRILO

e ANDRADE, 1994). O período compreendido entre a emissão da inflorescência masculina e o início do enchimento de grãos é extremamente crítico ao déficit hídrico, visto que os processos fisiológicos ligados à formação do zigoto e ao início do enchimento de grãos apresentam elevada sensibilidade a esse tipo de estresse (BOLAÑOS e EDMEADES, 1996).

2.3. População de plantas em milho

2.3.1. Aspectos gerais

A obtenção de maior produtividade de milho está intimamente relacionada à escolha do arranjo espacial de plantas na área, que pode ser feito com a alteração do espaçamento entre ou dentro das linhas de plantio, gerando diferentes densidades populacionais (ALMEIDA et al., 2000). Isto ocorre pelo fato do milho possuir pequena capacidade de emissão de afilhos férteis, além da sua organização floral monóica e do curto período de florescimento (SANGOI, 2001). A sensibilidade da cultura do milho à variação na densidade populacional também se deve ao fato de que os híbridos modernos são menos prolíficos, produzindo, normalmente, uma espiga por planta e, portanto, não possuem a capacidade de compensar eventuais falhas na emergência como as demais espécies da família das poáceas (SANGOI et al., 2009).

Trabalhos que visam quantificar o comportamento de híbridos de milho em função do incremento na densidade populacional são escassos, assim como a identificação de características morfológicas, fisiológicas e alométricas (SANGOI et al., 2002b; PALHARES, 2003; SANGOI et al., 2006; BRACHTVOGEL et al., 2009).

Devido às modificações introduzidas nos genótipos mais recentes, tais como menor estatura de plantas e altura de inserção de espiga, menor esterilidade de plantas, menor duração do subperíodo pendramento–espigamento, angulação mais ereta de folhas e elevado potencial produtivo, é de extrema importância reavaliar as recomendações de espaçamento entre linhas e densidade de semeadura para milho. Além disso, outras modificações observadas são o decréscimo no tamanho do pendão e da taxa de

senescência foliar durante o “enchimento de grãos” (DUVICK e CASSMAN, 1999; ARGENTA et al., 2001a; MARCHÃO, 2004; STRIEDER et al., 2007; DEMÉTRIO et al., 2008).

Teoricamente, o melhor arranjo é aquele que possibilita melhor utilização de luz, água e nutrientes, além de maior uniformidade de plantas por área. A distribuição de plantas pode ser feita através de variações na distância entre elas na linha e nas entre linhas, determinando os diferentes arranjos na lavoura (RIZZARDI et al., 1994; GROSS et al., 2006; BRACHTVOGEL et al., 2009). Dentre as maneiras de se realizar diferentes arranjos de plantas, a densidade populacional é a que tem relação direta com o rendimento de grãos de milho, já que pequenas alterações na população implicam modificações relativamente grandes no rendimento final (SANGOI et al., 2007).

Para se escolher um determinado arranjo de plantas, diferentes fatores devem ser levados em conta, como, por exemplo, a cultivar, objetivo do produtor, nível tecnológico, época de semeadura e duração da estação de crescimento na região de cultivo (ARGENTA et al., 2001a). O ciclo da planta também provoca interferência, uma vez que híbridos mais precoces (ciclo mais curto) requerem maior densidade de plantas em relação aos de ciclo normal para atingir seu potencial de rendimento (SANGOI, 2001). Isso ocorre, pois, normalmente, os híbridos mais precoces (superprecoces) são de menor tamanho, apresentam folhas menores, menor área foliar por planta e menor sombreamento do dossel da cultura (BRACHTVOGEL, 2008).

A disponibilidade hídrica é, sem dúvida, o principal fator que afeta a escolha da densidade ótima de plantas (LOOMIS e CONNORS, 1992). O período entre duas a três semanas do espigamento é o mais sensível ao estresse hídrico (WESTGATE, 1994). Nesta fase, quando há chances de que ocorra deficiência hídrica, deve-se diminuir a densidade para que o solo possa suprir as plantas com suas reservas hídricas (ARGENTA et al., 2001a).

Alguns trabalhos mostram que populações de plantas mais elevadas só devem ser recomendadas em regimes de alta precipitação pluvial ou sob irrigação e com alto nível de manejo (PEIXOTO, 1996), pois com maior densidade aumenta-se o índice de área foliar, a taxa de evapotranspiração e, conseqüentemente, o consumo de água (TETIO-KAGHO e GARDNER, 1988).

As exigências nutricionais, assim como a fertilidade do solo, devem ser consideradas na escolha do arranjo de plantas de milho. Estudos realizados com diferentes genótipos, densidades de plantas e níveis de nitrogênio, destacaram que maiores doses desse macronutriente são necessárias para obtenção de altos tetos produtivos conforme a densidade de plantas é aumentada (PEIXOTO, 1996; AMARAL FILHO et al., 2005; GROSS et al., 2006).

PIANA et al. (2008) relatam que diferentes épocas de semeadura implicam na escolha de diferentes densidades populacionais. Os mesmos autores reportam que devido à menor radiação solar disponível e ao menor crescimento da planta sob temperaturas baixas, nas semeaduras do cedo (final do inverno e início da primavera), por exemplo, há requerimento de maiores densidades de plantas. Isto ocorre, particularmente, em regiões temperadas e subtropicais, tais como o norte dos Estados Unidos (ANDERSON, 1995) e o Sul do Brasil (ALMEIDA et al., 2000), respectivamente.

Tradicionalmente são utilizados os espaçamentos entre linhas de 0,80 e 0,90 m, no Brasil, que possibilita adequado funcionamento dos equipamentos tradicionais à semeadura, tratos culturais e colheita (MATTOSO et al., 2006). Atualmente, nos programas de melhoramento de milho, têm-se buscado genótipos com elevada resposta produtiva em elevadas densidades populacionais, de 80 mil a 100 mil plantas por hectare, e sob espaçamentos entre linhas mais reduzidos, com o objetivo de maximizar a produção em uma área relativamente menor (DOURADO NETO et al., 2003).

As recomendações oficiais de população de plantas não seguem critérios específicos por região, solo, época de semeadura, híbrido ou nível de tecnologia, e por isso são indicadas de maneira generalista, além de ainda serem escassas (CARVALHO, 2007). Almeida et al. (2000) indicaram 65.000 a 80.000 plantas ha⁻¹ para lavouras nas regiões de Planalto do Sul do Brasil. Para o Paraná, Carneiro e Gerage (1991) recomendavam populações de 55.000 e 65.000 plantas ha⁻¹, para híbridos de ciclo normal e precoce, respectivamente, quando o espaçamento utilizado era o de 0,90 m.

Para espaçamentos na faixa de 0,80 a 1,00 m, a Epagri (1997) recomendava, no Estado de Santa Catarina, populações de 50.000 a 60.000 plantas ha⁻¹ para híbridos de ciclo precoce ou superprecoce e de 40.000 a

50.000 plantas ha⁻¹ para híbridos de ciclo normal. Segundo Cruz e Pereira Filho (2005), na cultura do milho, a Embrapa Milho e Sorgo recomendava para variedades densidades que variavam entre 40.000 a 50.000 plantas ha⁻¹. Para híbridos duplos, afirmavam que o intervalo entre 45.000 a 55.000 plantas ha⁻¹ era o mais frequentemente utilizado, podendo chegar a 65.000 plantas ha⁻¹, enquanto que, para híbridos simples e triplos, os valores permaneciam entre 50.000 a 60.000 plantas ha⁻¹, podendo chegar a 80.000 plantas ha⁻¹.

Através de estudos de três anos, em Chapecó, SC, com híbridos de ciclos diferentes, Flesch e Vieira (2004) constataram que, em boas condições de crescimento, a melhor população de plantas utilizada para milho foi de 74.000 plantas ha⁻¹, enquanto que, em situações de restrição, como escassez de água e baixo uso de insumos, os melhores resultados foram encontrados com populações entre 50.000 e 70.000 plantas ha⁻¹.

Para produção de milho doce e milho verde, recomendava-se densidade de plantas entre 35.000 a 40.000 plantas ha⁻¹ (PROGRAMA..., 1999), pois é importante que as espigas tenham tamanho grande, para aumentar o rendimento industrial, além de melhorar o funcionamento das máquinas, e atender às exigências sensoriais dos consumidores do produto *in natura* (ARGENTA et al., 2001b).

2.3.2. Aspectos morfofisiológicos

Embora se aumente, de modo eficiente, a interceptação da radiação solar incidente pela comunidade de plantas de milho, com o incremento na população de plantas, o uso de densidades muito elevadas pode reduzir a atividade fotossintética da cultura e a eficiência da conversão de fotoassimilados em produção de grãos (SANGOI, 2001). Conseqüentemente, há um aumento de esterilidade feminina e redução do número de grãos por espiga e do rendimento de grãos (MARCHÃO et al., 2006). Desta forma, o menor número de plantas por unidade de área é ótimo para a obtenção da maior produtividade (DEMÉTRIO et al., 2008).

Sob altas densidades, aumenta-se a competição intraespecífica por recursos do meio, tais como luz, água e nutrientes (VALENTINUZ e TOLLENAAR, 2004), que afeta o rendimento final porque, através de

mecanismos fisiológicos, há estímulo da dominância apical, indução da esterilidade, decréscimo do número de espigas produzidas por planta e do número de grãos por espiga (SANGOI e SALVADOR, 1998). Portanto, há um nível ótimo, até o qual o incremento na densidade populacional leva a maiores rendimentos na cultura do milho. Esse é determinado pelo genótipo e pelas condições ambientais e diminui com posteriores aumentos na densidade (ARGENTA et al., 2001a).

De acordo com Sangoi et al. (2002b), pelo fato do milho ser uma espécie protândrica, a diferenciação do pendão, que cresce e se desenvolve no ponto de crescimento da planta, acontece antes da diferenciação das espigas, que, por sua vez, crescem e se desenvolvem nas gemas laterais. A utilização de densidades populacionais mais elevadas tende a aumentar o período entre a diferenciação das estruturas reprodutivas (SANGOI e SALVADOR, 1996). Como o período de liberação de pólen da planta é curto e definido, o aumento do período alométrico, entre antese e espigamento, promovida por densidades de semeadura elevadas, contribui de maneira significativa para reduzir o número de espiguetas fertilizadas, sendo decisivo para a redução no rendimento potencial da cultura (SANGOI e SALVADOR, 1998).

O aumento do intervalo entre a diferenciação do pendão e das espigas altera as taxas de transporte de fitormônios e carboidratos dentro da planta. Quanto mais tarde as espigas iniciarem, maior a chance de receberem menores quantidades dessas substâncias, assim como de nitrogênio e água (SANGOI et al., 2002b), tendo menos possibilidades de se tornarem funcionais e produzirem grãos, em decorrência da menor capacidade competitiva por fotoassimilados da espiga com as demais estruturas da planta, especialmente o pendão (SANGOI, 2001).

A maior proximidade entre plantas, em altas densidades, faz com que menor quantidade de radiação solar atinja o ponto de crescimento da planta (GARDNER et al., 1985). Como a radiação solar é capaz de oxidar parte das auxinas produzidas no meristema apical da planta (SALISBURY e ROSS, 1992), em elevadas densidades populacionais essa inativação ocorre de maneira menos acentuada. Assim, a atividade das auxinas é maior no interior e no ponto de crescimento da planta. Como é necessária uma quantidade maior de auxinas para o desenvolvimento do pendão, quando comparada à

quantidade necessária às espigas, acaba por surgir uma dominância apical de natureza hormonal da estrutura reprodutiva masculina sobre a feminina. Portanto, o desenvolvimento das gemas axilares é suprimido, que resulta em esterilidade feminina (SANGOI et al., 2002b).

Além da influência da quantidade de radiação solar que atinge a lavoura, a dominância apical também ocorre em virtude da resposta a um estímulo luminoso pelo fitocromo, pigmento azul protéico, sensível a mudanças na qualidade da luz interceptada pelas folhas das plantas de milho. O adensamento de plantas e a redução do espaçamento entre linhas ocasionam maior absorção de luz na faixa do vermelho (V) e maior reflexão na do vermelho extremo (VE). Assim, sob altas densidades, as plantas de milho recebem mais luz VE refletida, aumentando a relação VE/V (ARGENTA et al., 2001b; STRIEDER et al., 2007). Isso determina modificações em seu desenvolvimento, tais como maior alongação dos entrenós (colmo mais comprido, porém de menor diâmetro), maior dominância apical e altura de inserção de espiga (ALMEIDA et al., 2000), folhas mais compridas e finas e maior abscisão de raízes (KASPERBAUER e KARLEN, 1994).

Segundo Sangoi et al. (2002b), o aumento dessa relação desencadeia eventos fisiológicos, que levam a planta a priorizar a alocação de fotoassimilados para o caule principal, resultando na supressão do desenvolvimento de ramificações laterais, ou seja, das espigas.

A arquitetura moderna da planta de milho, que apresenta características com menor estatura, menor número de folhas, folhas mais eretas (ALMEIDA et al., 2000) e pequeno acamamento de colmos e raízes (DUVICK e CASSMAN, 1999), permitiu maior infiltração de luz no dossel, mesmo com alto índice de área foliar, e a diminuição de competição entre as plantas da lavoura por recursos naturais sob altas densidades de plantas. Este novo ideotipo de milho, resultado dos programas de melhoramento genético, possibilitou alterações no arranjo de plantas que levaram a maior eficiência de uso da radiação solar em ambientes para obtenção de altas produtividades (ARGENTA et al., 2001a), devido à redução da relação VE/V, ou seja, devido à modificação da qualidade da luz interceptada pelo dossel foliar (SANGOI et al., 2002b).

A menor fotooxidação da auxina no meristema apical, assim como a dominância apical gerada pela resposta luminosa do fitocromo, estimula a alongação celular. Desta forma, os entrenós do colmo são mais longos, aumentando a estatura da planta e a altura de inserção de espigas (DOURADO NETO et al., 2003; PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003, SCHEEREN et al., 2004; ALVAREZ et al., 2006; DEMÉTRIO et al., 2008; MANTINE, 2008). Além disso, a maior competição intra-específica por luz, o aumento da dominância apical e o estiolamento das plantas favorecem a redução no diâmetro do colmo, que se torna mais fino, aumentando a possibilidade de acamamento/quebramento de plantas (SANGOI et al., 2002b).

Alguns autores constataram aumento da estatura das plantas com o aumento da densidade populacional (PALHARES, 2003; SANGOI et al., 2002a; SCHEEREN et al., 2004; MEROTTO JÚNIOR et al., 1997; KUNZ, 2005), assim como redução no diâmetro do colmo (KUNZ, 2005; PALHARES, 2003; SANGOI et al., 2002a; PENARIOL et al., 2003) e na área foliar (KUNZ, 2005; PALHARES, 2003; MANTINE, 2008).

Com o aumento na população de plantas, a planta direciona seus recursos preferencialmente ao seu crescimento, de modo que este seja mais rápido e evite o sombreamento, numa tentativa de crescer além do dossel da lavoura, porém, como resultado, acaba sacrificando o diâmetro do colmo, causando estiolamento, e a área foliar (TAIZ e ZEIGER, 2004).

Com uma área foliar reduzida, a atividade fotossintética é afetada negativamente (OMETTO, 1981), fazendo com que menor quantidade de fotoassimilados esteja disponível para o enchimento de grãos e manutenção das demais estruturas do vegetal (SANGOI et al., 2000). Entretanto, pode haver uma compensação dos prejuízos de uma menor área foliar individual, através do maior número de plantas encontrado em densidades populacionais elevadas. Isto ocorre em virtude do aumento linear no IAF (índice de área foliar) conforme a população de plantas também é aumentada, como constatado por diferentes autores (SILVA et al., 1999; MADDONI et al., 2001; KUNZ, 2005). Porém, Sangoi et al. (2001) destacam que, além da importância do aumento do IAF na interceptação da radiação solar, a eficiência de utilização da radiação solar interceptada é fundamental.

Devido às alterações fisiológicas, proporcionadas pelo incremento na população de plantas, as alterações morfológicas, como a maior estatura de planta, a maior distância entre o ponto de inserção da espiga no colmo e o solo, o menor diâmetro do colmo e a sua maior fragilidade em altas densidades, favorecem o aumento da porcentagem de plantas acamadas e quebradas antes da colheita (SANGOI et al., 2002a; SANGOI et al., 2002b, GROSS et al., 2006; BRACHTVOGEL et al., 2009). Além da redução na sustentabilidade da planta, em maiores densidades de semeadura, também ocorre maior incidência de doenças nas plantas, especialmente as podridões do colmo, tornando-se as duas limitações mais importantes ao aumento da densidade na lavoura de milho (SANGOI et al., 2000; ARGENTA et al., 2001a).

2.3.3. Respostas do milho à densidade populacional

Diferentes autores trabalharam para identificar a densidade ótima de plantas de milho (FLESCH e VIEIRA, 1999; SILVA et al., 1999; ALMEIDA et al., 2000). Nestes trabalhos, observou-se que os máximos rendimentos sempre foram obtidos com densidades superiores a 80.000 plantas ha⁻¹. Desta forma, há evidências de que a recomendação de uma densidade de 60.000 plantas ha⁻¹ pode ser ampliada de acordo com as condições ambientais, especialmente disponibilidade hídrica e fertilidade do solo, e o nível de tecnologia empregada, associada ao uso de híbridos com características modernas (porte baixo/médio, folhas eretas) e tolerantes ao acamamento (ALMEIDA et al., 2000).

Recentemente, experimentos têm mostrado respostas positivas ao aumento da produtividade do milho pelo aumento da população de plantas, com produtividades máximas sendo atingidas com 70 mil a 80 mil plantas por hectare, e diminuindo em populações mais elevadas (FLESCH e VIEIRA, 2004; ALVAREZ et al., 2006; GROSS et al., 2006; DEMÉTRIO et al., 2008).

Estudos envolvendo população de plantas foram realizados por Kvitschal et al. (2010), ao verificarem o comportamento de dois híbridos de milho comum, DKB 234 e DBK 214, em dois anos agrícolas, sendo submetidos a quatro densidades populacionais, 45.000, 60.000, 75.000 e 90.000 plantas ha⁻¹, que foram arranjadas em meio a dois espaçamentos entre linhas de

plantio, o de 0,45 m e o de 0,90 m. Neste espaçamento, para DKB 234, o comportamento da produtividade de grãos, em função da população de plantas, foi quadrático com máximo em 69.017 plantas ha⁻¹, e linear, para o primeiro e segundo ano agrícola, respectivamente. A resposta linear, provavelmente, deveu-se às condições ambientais favoráveis ocorridas no segundo ano agrícola, conforme discutido por Sangoi et al. (2001).

Quando se avaliou o híbrido DKB 214, o comportamento foi quadrático em ambos os anos agrícolas, apresentando picos de máximo com 70.246 plantas ha⁻¹ no primeiro ano, concordando com o reportado por Marchão et al. (2005), e 81.633 plantas ha⁻¹, no segundo ano (KVITSCHAL et al., 2010).

Avaliando populações que variaram de 55.000 a 110.000 plantas ha⁻¹, Silva et al. (2010) observaram aumento linear no rendimento de grãos do híbrido de milho comum D 2B587, em semeadura precoce, conforme o incremento na densidade populacional. Resultados semelhantes foram obtidos por Strieder et al. (2007), em densidades variando de 45.000 a 90.000 plantas ha⁻¹, para os híbridos de milho comum Flash e Penta, utilizando-se o espaçamento de 0,80 m entre linhas de plantio. Neste intervalo de população de plantas, notou-se que para os mesmos híbridos, nos espaçamentos de 0,80 e 1,00 m, o incremento populacional causou decréscimo na massa do grão, porém, acréscimo no número de grãos por metro quadrado.

Silva et al. (2010) ainda constaram comportamento quadrático da produtividade, em função do aumento na densidade, para o híbrido de milho comum NB 4214, sendo o máximo rendimento obtido com 91.000 plantas ha⁻¹. Avaliando a influência de três densidades populacionais (50.000, 75.000 e 100.000 plantas ha⁻¹), em quatro híbridos de milho: Ag 12, Ag 28, Ag 303 e Ag 9012, Sangoi et al. (2006) também observaram incremento no rendimento dos três últimos híbridos, com a utilização de densidades superiores a 50.000 plantas ha⁻¹. As populações teóricas que maximizaram o rendimento de grãos foram de 68.750, 80.218 e 82.029 plantas ha⁻¹ para os híbridos Ag 28, Ag 303 e Ag 9012, respectivamente.

Brachtvogel et al. (2009), ao estudarem o efeito de seis populações de plantas, na faixa de 30.000 a 105.000 plantas ha⁻¹, sobre componentes de produção do híbrido de milho comum DOW 2B587, em Botucatu – SP, observaram progressiva redução no comprimento de espigas em função do

aumento da população, caracterizando aumento da competição intraespecífica. Esta constatação concorda também com os resultados obtidos por Dourado Neto et al. (2003). Da mesma forma, com o aumento da população de plantas, os diâmetros da espiga e do sabugo sofreram decréscimo linear, juntamente com o comprimento do grão e o número médio de fileiras de grãos por espiga.

É comum observar, em alguns trabalhos, ganhos de produtividade com o aumento da população de plantas, mas certos componentes da produção, como massa de mil grãos, número de grãos por espiga e número de espigas por planta são influenciados negativamente (SILVA et al., 1999; PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003), e isto possivelmente está associado ao aumento na competição intraespecífica (SANGOI, 2001).

Tais perdas podem ser compensadas por um maior número de plantas, e, conseqüentemente, por um maior número de espigas por área, pois a produtividade de grãos não é afetada (ARGENTA et al., 2001b; FLESH e VIEIRA, 2004; BRACHTVOGEL et al., 2009). Em lavouras com densidades populacionais elevadas e sob boas condições de crescimento, as espigas adicionais proporcionar-se-ão maior produtividade de grãos, por maximizar o número de grãos por área. Entretanto, essa compensação ocorre até que o maior número de espigas por área não é mais suficiente para compensar a redução do número e da massa dos grãos (DOURADO NETO et al., 2003).

Com relação ao acamamento/quebramento de colmo de plantas, Brachtvogel et al. (2009) observaram aumento acentuado conforme os maiores valores de densidades populacionais e relacionaram este fato à diminuição do diâmetro do colmo, ao aumento da altura de planta e de inserção de espiga e ao aumento da relação altura de planta/altura de inserção de espiga, observados quando eleva-se a população de plantas (DOURADO NETO et al., 2003; PALHARES, 2003; PENARIOL et al., 2003, SCHEEREN et al., 2004; KUNZ, 2005; ALVAREZ et al., 2006; DEMÉTRIO et al., 2008; MANTINE, 2008).

Ainda houve um padrão quadrático de produtividade, em função do aumento da população de plantas, com produção máxima estimada de 12.528 kg ha⁻¹ em 67.167 plantas ha⁻¹ (BRACHTVOGEL et al., 2009). Estes resultados assemelham-se aos de Flesch e Vieira (2004), que constataram incremento da produtividade de grãos a partir de 30.000 plantas até 70.000 plantas ha⁻¹ e redução a 90.000 plantas ha⁻¹, independentemente do espaçamento utilizado.

Sangoi et al. (2009), avaliando três cultivares de milho comum precoce, SCS 154, Ag 303 e P 30F53, em cinco populações de plantas, variando de 25.000 a 125.000 plantas ha⁻¹, em Lages – SC, observaram comportamento quadrático do rendimento de grãos com o incremento das densidades. As populações ótimas calculadas utilizando-se a primeira derivada das equações quadráticas, ajustadas para cada cultivar, foram de 86.665, 53.044 e 85.000 plantas por hectare, para P 30F53, Ag 303 e SCS 154, respectivamente.

Através de um experimento conduzido em Jaboticabal – SP, Demétrio et al. (2008) estudaram a interação entre três espaçamentos entre linhas (0,40, 0,60 e 0,80 m), dois híbridos simples de milho comum (P30K73 e P30F80) e quatro densidades populacionais (30 mil, 50 mil, 70 mil e 90 mil plantas por hectare). Não se verificou diferenças entre os híbridos, porém obteve-se, com o aumento da densidade populacional, incrementos na altura de inserção da primeira espiga, da mesma forma que Argenta et al. (2001a) e Alvarez et al (2006).

Demétrio et al. (2008) também observaram que o aumento da densidade de plantas, de 30 mil para 90 mil plantas por hectare, proporcionou redução do diâmetro de colmo, que está de acordo com Porter et al. (1997) e com Dourado Neto et al. (2003), que observaram que quanto maior a densidade populacional menor o diâmetro do colmo. De acordo com Gross et al. (2006), a densidade populacional interfere na massa individual das plantas, obtendo-se um decréscimo de massa seca individual, nomeadamente do colmo, como resultado da competição entre elas pelos recursos do meio. Isto leva a inferir que as plantas tendem a ficar mais suscetíveis ao quebramento e/ou acamamento com o incremento populacional, havendo diferenças entre genótipos.

Verificou-se diminuição do número de grãos por espiga ao passo em que houve aumento na densidade populacional, a partir de 50 mil plantas por hectare, para todos os espaçamentos entre linhas. Da mesma forma, Penariol et al. (2003) e Amaral Filho et al. (2005) obtiveram redução no número de grãos por espiga com o aumento na densidade populacional de 40 mil para 80 mil plantas por hectare. A massa de 1000 grãos, que é um componente do rendimento, foi influenciado pela densidade populacional. Populações de plantas de 50 mil a 70 mil plantas por hectare proporcionaram grãos mais

pesados que os observados na população de 90 mil plantas por hectare (DEMÉTRIO et al., 2008).

A produtividade de grãos apresentou ser dependente da interação entre densidades populacionais e híbridos, nos estudos de Demétrio et al. (2008), respondendo os genótipos de forma quadrática ao aumento da população de plantas, aumentando a sua produtividade de grãos na população entre 75 mil a 80 mil plantas por hectare. A partir dessa população observou-se redução desse componente de produção. Respostas semelhantes foram observadas por Flesch e Vieira (2004) e Brachtvogel (2009). Em uma densidade de 75.000 plantas ha⁻¹ obteve-se maior produção de MS (massa seca), cerca de 1460 Kg ha⁻¹ de MS a mais, do que em uma densidade de 55.000 plantas ha⁻¹, independentemente da cultivar, do espaçamento utilizado e do ano de plantio (ALVAREZ et al., 2006).

Avaliando, em Lages – SC, dois híbridos de milho comum, Ag 303 e Speed, em cinco densidades populacionais, variando de 25.000 a 125.000 plantas ha⁻¹, Sangoi et al. (2007) constataram redução na área foliar dos dois híbridos à medida que se elevou a população de plantas, considerando-se a média das cinco amostragens realizadas durante o período de enchimento de grãos. Isso provavelmente ocorreu, porque o adensamento incrementa a competição entre os indivíduos por água, luz e por nutrientes, que acelera a senescência foliar (VALENTINUZ e TOLLENAAR, 2004).

Casa et al. (2007) constataram, em milho comum, aumento linear na incidência de podridões do colmo, em dois anos agrícolas, com o incremento da densidade populacional. Da mesma maneira, Sangoi et al. (2000) observaram as respostas quanto à porcentagem de colmos doentes por infecção fúngica (*Fusarium moniliforme*, *Colletotrichum graminicola* e *Diplodia maydis*) e de plantas acamadas, sendo constatado acréscimo linear em ambas as características, com o aumento da densidade populacional.

Em Lavras – MG, o incremento da população de plantas, de 55 a 85 mil plantas por hectare, em dois híbridos de milho comum, P 30K75 e Tork, proporcionou aumento linear no número de plantas acamadas e quebradas, ao passo em que não se observou influência das cultivares e densidades populacionais sobre a produtividade da cultura (GROSS et al., 2006).

Utilizando-se da mesma metodologia que Sangoi et al. (2007), Sangoi et al. (2005) relataram que, em Lages – SC, o rendimento de grãos dos híbridos testados aumentou quadraticamente com o incremento da população de 25.000 para 125.000 plantas ha⁻¹. Em ambos os genótipos de milho comum, a população na qual se registrou maior rendimento foi de 100.000 plantas ha⁻¹. As densidades ótimas calculadas foram de 103.132 e 110.362 plantas ha⁻¹, para os híbridos Ag 303 e Speed, respectivamente. Também se observou que os dois híbridos incrementaram linearmente o número de grãos produzidos por área com o aumento da população de 25.000 para 125.000 plantas ha⁻¹.

Sangoi et al. (2005) observaram valores de índice de área foliar inferiores à 3,5 em populações até 75.000 plantas por ha. Entretanto, a cultura do milho necessita de índices de área foliar oscilando entre 4 e 5, para otimizar o aproveitamento da radiação solar, sob condições hídricas e edáficas favoráveis (GARDNER et al., 1985).

Desta forma, é possível afirmar que a ocorrência do sombreamento intraespecífico, proporcionado pela maior proximidade das plantas nas altas densidades, pode ser atenuado, elevando-se o número de indivíduos necessários para otimizar o rendimento de grãos por hectare (ARGENTA et al., 2001b; DOURADO NETO et al., 2003; SANGOI et al., 2005; FLESH e VIEIRA, 2004; BRACHTVOGEL et al., 2009). Para cada 10.000 plantas adicionadas, houve um incremento na duração do subperíodo pendramento-espigamento de 0,78 dias para o Ag 303 e de 0,41 dias para o Speed, corroborando com o relatado por Sangoi et al. (2002b). Portanto, em populações mais altas, este fato pode ter contribuído para a menor produção de grãos por área e por espiga, ocorrendo para esta, decréscimo linear em função do aumento da densidade populacional, em ambos os híbridos (SANGOI et al., 2005).

Barbieri et al. (2005), em trabalho realizado no município de Uberlândia – MG, constataram aumento linear na produtividade média de espigas dos híbridos de milho doce MD2001 e MD2002, assim como decréscimo linear do comprimento e diâmetro de espiga, em função do aumento da população de plantas, de 50.000 a 70.000 plantas ha⁻¹. A maior população utilizada (70.000 plantas ha⁻¹) apresentou a maior produtividade, não atingindo o ponto crítico, a partir do qual essa responderia negativamente ao aumento da população.

Quando se deseja uma maior produtividade de milho doce, um maior número de plantas por área deve ser utilizado, para haver compensação no rendimento, assim como relatado para milho comum (ARGENTA et al., 2001b; FLESH e VIEIRA, 2004; BRACHTVOGEL et al., 2009). Isto se deve ao fato de que essa raça de milho apresenta baixa plasticidade produtiva, isto é, não possui a capacidade de compensar a produtividade quando em menor número de plantas por área. Entretanto, mesmo havendo essa compensação, componentes de produção e de qualidade, para processamento industrial, como comprimento e diâmetro de espiga, são afetados negativamente com o aumento populacional (BARBIERI et al., 2005).

Normalmente, as indústrias processadoras de milho doce aceitam espigas que não apresentam comprimento inferior a 150 mm (ALBUQUERQUE et al., 2008). Portanto, é necessário adequar o desempenho agrônomo às características necessárias ao bom processamento industrial, pois, em estudo de Barbieri et al. (2005), a máxima população de plantas que alcançou 150 mm de comprimento de espiga foi 67.034 plantas ha⁻¹. Os mesmos autores destacam que o comprimento, o diâmetro de espiga e o número de fileiras de grãos são os principais componentes da produtividade de espigas de milho doce.

Ainda conforme Barbieri et al. (2005), há um decréscimo linear na largura e profundidade de grãos de milho doce, com o aumento na densidade populacional. Desta forma, híbridos com grãos mais profundos devem ser utilizados, para que não sejam afetadas, negativamente, a uniformidade e eficiência de corte dos mesmos, e de modo a proporcionar maior flexibilidade na escolha da população de plantas, necessária à maior produtividade de espigas, mesmo com o adensamento.

Almeida et al. (2000) realizaram um trabalho em Lages – SC, utilizando-se dois híbridos de milho comum Cargil 901 e XL 370, em populações que variaram de 37 a 100 mil plantas ha⁻¹, sob diferentes situações de manejo. O uso de densidades de plantas superior a 60 mil plantas ha⁻¹ maximizou o rendimento de grãos em três experimentos. Concluiu-se que, para locais onde a estação estival de crescimento é mais curta, para o uso de cultivares precoces e de menor porte, o ideal é incrementar a densidade para valores compreendidos entre 65.000 e 80.000 plantas ha⁻¹, justificando os

autores que isso é possível desde que se tenha bom nível de fertilidade no solo, boa disponibilidade hídrica e cultivares resistentes ao acamamento (MANTINE, 2008).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e período de realização

Os experimentos de campo, inerentes ao presente estudo, foram conduzidos na Fazenda Experimental de Iguatemi (FEI), de propriedade da Universidade Estadual de Maringá (UEM), situada no Distrito de Iguatemi, na Latitude 23°20'48" S e na Longitude 52°04'17" W, com altitude aproximada de 510 m, no município de Maringá, região Noroeste do Paraná.

A instalação e a condução dos experimentos ocorreram nos anos agrícolas de “Verão” dos anos de 2009 e 2010. No primeiro e segundo ano, a semeadura foi realizada em 28 de agosto e 9 de setembro, e a colheita em 27 de novembro e 20 de dezembro, respectivamente.

3.2. Solo e clima

Nos anos agrícolas de 2009 e 2010, os experimentos foram instalados em área de ocorrência de solo NITOSSOLO VERMELHO distrófico (EMBRAPA, 1999), de textura argilosa (argila: 520 g kg⁻¹; silte: 140 g kg⁻¹; areia: 340 g kg⁻¹), cujos resultados de análises químicas de material de solo são apresentados nos Quadros 1 e 2.

Quadro 1 – Resultados de análise química de material de solo da área experimental do ano agrícola de 2009¹

C ²	pH (CaCl ₂)	H ⁺ +Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V	P	C
			(cmol _c dm ⁻³)			(%)	(mg dm ⁻³)	(g kg ⁻¹)
A ³	4,90	4,13	0,52	3,98	1,49	59,19	12,32	11,81
B ⁴	5,10	3,61	0,48	4,53	1,83	65,45	7,60	11,91

¹ Análises efetuadas no Laboratório de Análises de Material de Solo da UEM, Maringá, Paraná;
² C: camada; ³ A: 0,00-0,20 m; ⁴ B: 0,20-0,40 m.

As principais características do clima de Maringá, classificado por Köppen como do tipo Cfa, isto é, do tipo subtropical, são: temperaturas médias

inferiores a 18°C e superiores a 22°C, nos meses mais frios e quentes do ano, respectivamente; baixa frequência de geadas; verões quentes; tendência de concentração de chuvas nos meses que compreendem o verão; e ausência de estação seca definida (GODOY et al., 1976).

Quadro 2 – Resultados de análise química de material de solo da área experimental do ano agrícola de 2010¹

C ²	pH (CaCl ₂)	H ⁺ +Al ³⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	V (%)	P (mg dm ⁻³)	C (g kg ⁻¹)
		(cmol _c dm ⁻³)						
A ³	4,50	3,97	0,30	2,90	0,91	50,87	8,50	9,68
B ⁴	4,80	3,42	0,30	3,65	1,52	61,53	8,20	9,68

¹ Análises efetuadas no Laboratório de Análises de Material de Solo da UEM, Maringá, Paraná; ² C: camada; ³ A: 0,00-0,20 m; ⁴ B: 0,20-0,40 m.

Na Figura 1, encontram-se os dados referentes à precipitação pluvial e temperaturas médias máximas e mínimas, ocorridas durante o período experimental dos anos agrícolas de 2009 (13 semanas) e 2010 (15 semanas). Essas informações foram obtidas junto ao Laboratório de Análise de Sementes (LAS) da FEI.

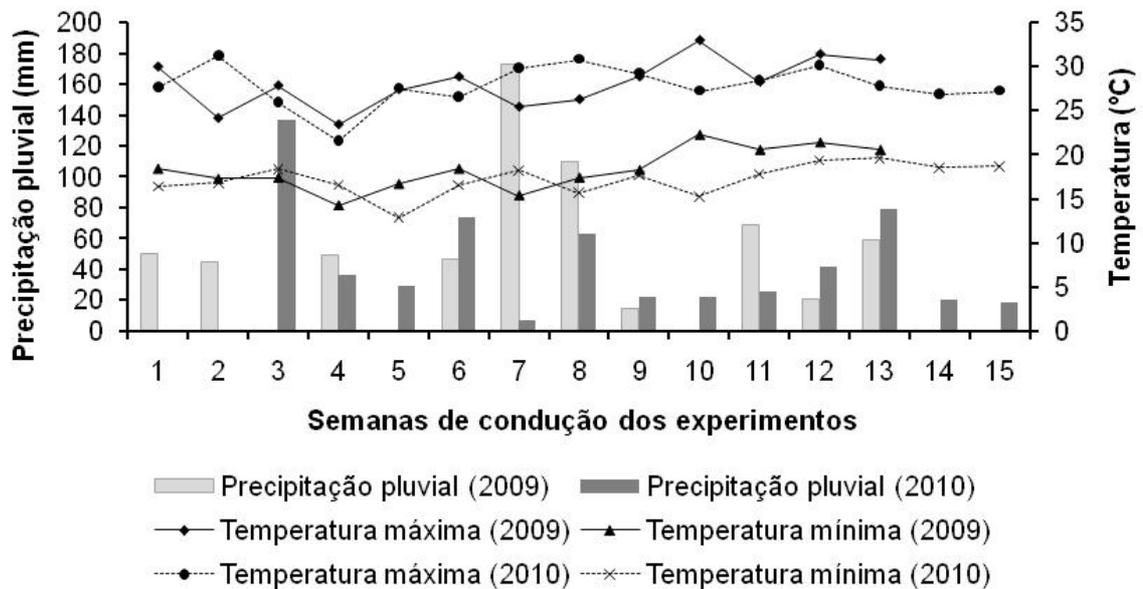


Figura 1 – Precipitação pluvial e temperaturas médias, máximas e mínimas ocorridas durante o período experimental dos anos agrícolas de 2009 (13 semanas) e 2010 (15 semanas) (Dados obtidos junto ao LAS/FEI).

3.3. Tratamentos

Os tratamentos foram constituídos por dois genótipos de milho doce, Tropical Plus e RB-6324, ambos da Syngenta Seeds Ltda., combinados com cinco populações de plantas (40.000, 55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹), utilizando-se de um único espaçamento entre linhas, de 0,90 m, avaliados em dois anos agrícolas (2009 e 2010).

Ajustou-se cada densidade populacional através da variação do espaçamento entre plantas na linha de plantio, isto é, do número de plantas por metro linear de plantio (Quadro 3).

Quadro 3 – Espaçamento entre plantas e número de plantas por metro linear, para obtenção das cinco densidades populacionais

Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)	Espaçamento entre linhas (0,90 m)	
	Espaçamento entre plantas (m)	plantas m ⁻¹
40.000	0,28	3,60
55.000	0,20	4,95
70.000	0,16	6,30
85.000	0,13	7,65
100.000	0,11	9,00

3.3.1. Híbrido Tropical Plus

Segundo informações fornecidas pelo “Centro Avançado Syngenta de Atendimento”, da Syngenta Seeds Ltda., o Tropical Plus é um híbrido simples, da classe superdoce, sendo ideal para o consumo *in natura* e processamento industrial. Apresenta porte de 2,35 m em plantios de verão na região centro-sul do país. É colhido quando os grãos das espigas apresentam umidade em torno de 70 a 75%, completando seu ciclo em 90 a 110 dias após a semeadura (precoce). O comprimento médio da espiga é de 20,5 cm, o diâmetro médio da espiga a 2/3 da base é de 5,2 cm e o número médio de fileiras por espiga varia de 14 a 16. O sabugo é branco, sendo os grãos macios e suculentos, e de coloração amarelo-claro brilhante. Os estigmas são de cor creme. É

medianamente tolerante à helmintosporiose (*Helminthosporium turcicum*), ferrugem tropical (*Puccinia polysora*), ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) e podridão da espiga (*Diplodia maydis*). Os potenciais produtivos de espigas e de grãos são, respectivamente, 17, 5 t ha⁻¹ e 5,95 t ha⁻¹.

3.3.2. Híbrido RB-6324

De acordo com informações obtidas junto ao “Centro Avançado Syngenta de Atendimento”, da Syngenta Seeds Ltda., o RB-6324 é um híbrido simples modificado, da classe superdoce, atingindo em média 2,45 m de altura. Destina-se principalmente ao consumo *in natura* e processamento industrial. O comprimento médio da espiga é de 18,5 cm, o diâmetro médio da espiga a 2/3 da base é de 5,6 cm e o número médio de fileiras por espiga varia de 16 a 18. O sabugo é branco e a espiga apresenta bom empalhamento. Os grãos são macios e suculentos, e de coloração amarelo-claro brilhante. Os estigmas são de cor creme. A duração do seu ciclo permanece na faixa de 86 a 106 dias, sendo considerado precoce. A colheita é realizada quando os grãos apresentam de 74 a 78% de umidade. É pouco tolerante à ferrugem comum e medianamente tolerante à helmintosporiose, ferrugem tropical e podridão da espiga. Os potenciais produtivos de espigas e de grãos são, respectivamente, 20, 0 t ha⁻¹ e 7,5 t ha⁻¹.

3.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi blocos completos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial de 2 x 5, resultante da combinação de dois híbridos de milho doce, Tropical Plus e RB-6324, em cinco populações de plantas (40.000, 55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹), avaliados em dois anos agrícolas (2009 e 2010).

3.5. Características das unidades experimentais

As parcelas experimentais foram compostas por 5 linhas de plantas de 6 m de comprimento, sendo a área útil representada pelas 3 linhas centrais,

excluindo-se 0,5 m de cada extremidade da parcela e as bordaduras laterais. Desta forma, cada unidade experimental totalizou uma área útil de 13,5 m².

3.6. Instalação e condução dos experimentos

Conforme recomendações de van Raij (1991) e considerando os resultados das análises químicas de material de solo, em ambos os anos agrícolas (Quadro 1 e Quadro 2), efetuou-se calagem a lanço, com a aplicação de 1,37 t ha⁻¹ e 1,93 t ha⁻¹ de calcário dolomítico (PRNT 80%).

Inicialmente, para o controle de plantas daninhas, a área experimental foi dessecada com a aplicação do herbicida Glyphosate, sete dias antes do plantio, na dose de 960 g.i.a. ha⁻¹, (ANDREI, 2005). Posteriormente, tanto no ano agrícola de 2009 quanto no de 2010, o sistema de preparo de solo adotado foi o convencional.

Baseando-se nas recomendações de van Raij et al. (1996), a adubação de semeadura foi realizada, em ambos os anos agrícolas, com doses de 20, 80 e 60 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ e K₂O, nas formas de Sulfato de Amônio, Superfosfato Triplo e Cloreto de Potássio, respectivamente.

Por ocasião da implantação dos experimentos, a semeadura foi manual, isto é, realizada por meio de matracas, sendo colocadas duas sementes por cova, respeitando-se os espaçamentos apresentados no Quadro 4, de acordo com cada tratamento implantado. Para tanto, utilizou-se gabaritos de bambu, de 4,5 m de largura, com cinco linhas de corda de 6 m de comprimento, espaçadas entre si em 0,90 m e marcadas com barbante, para indicar o espaçamento entre plantas desejado. Além dos gabaritos, a utilização da semeadora de plantio direto, para a aplicação da adubação de semeadura, também auxiliou na identificação das linhas de plantio. A máquina riscou o solo, de modo que o adubo fosse aplicado em linhas espaçadas entre si em 0,90 m, sendo estas as linhas nas quais se semeou o milho doce.

Antes da semeadura, as sementes foram tratadas com os inseticidas Imidacloprido (240 g.i.a por 100 kg) e Thiodicarbe (700 g.i.a por 100 kg), conforme Andrei (2005), com o objetivo de controlar as pragas iniciais da cultura.

Após a emergência das plantas, no estágio V₂ (RITCHIE e HANWAY, 1993), foi efetuado o raleamento ou desbaste, retirando-se a planta menos vigorosa, deixando a quantidade de plantas condizente com a população de cada tratamento (Quadro 4). Posteriormente, no estágio V₄ (RITCHIE e HANWAY, 1993), realizou-se a adubação nitrogenada de cobertura, nos anos agrícolas de 2009 e 2010, com 90 kg de N ha⁻¹ na forma de Sulfato de Amônio, de forma fracionada e a lanço.

O controle de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do herbicida Atrazine, na dosagem de 3,25 kg.i.a ha⁻¹, em pós-emergência; enquanto que, para o controle de pragas, foram utilizados os inseticidas Methamidophos e Lufenuron, conforme recomendações do Compêndio de Defensivos Agrícolas (ANDREI, 2005).

3.7. Irrigação

Durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, em ambos os períodos de avaliação, utilizou-se o fornecimento suplementar de água à cultura. O sistema de irrigação adotado foi aspersão, priorizando-se os períodos de ocorrência de estiagens (RESENDE e OLIVEIRA, 2005), como apresentado na Figura 1, e os períodos críticos de fornecimento de água para a cultura do milho (MAGALHÃES et al., 1995; BOLAÑOS e EDMEADES, 1996; FIGUEREDO JÚNIOR, 2004; ALMEIDA, 2007).

3.8. Identificação dos estádios fenológicos

De forma a proceder ao manejo adequado de uma cultura, quanto à necessidade de irrigação, assim como o manejo de pragas e aplicações de fertilizantes, é de extrema importância o conhecimento da sua fenologia (ALMEIDA, 2007). A associação entre os eventos climáticos e a fenologia de uma cultura pode ser utilizada no planejamento para a melhor definição da época de semeadura, da utilização de insumos e da época de colheita (GADIOLI et al., 2000).

Desta forma, com o objetivo de facilitar o manejo da cultura ou os tratamentos culturais, utilizou-se o sistema de identificação de estádios fenológicos

empregado por Ritchie e Hanway (1993), que divide o desenvolvimento da planta de milho em estádios vegetativos (V) e reprodutivos (R), como mostrado no Quadro 4.

De acordo com Ritchie e Hanway (1993), o primeiro período vegetativo é o V_E (emergência), sendo que as posteriores subdivisões dos estádios V são designadas numericamente como V_1 , V_2 , V_3 , etc., até V_N , no qual (N) representa o último estádio foliar antes de V_T , para o híbrido específico considerado. O último estádio de V é designado como V_T (pendoamento). Durante a fase vegetativa, a definição de cada estádio é determinada através da formação visível do colar, na inserção da bainha da folha com o colmo (MAGALHÃES e DURÃES, 2006). Portanto, considera-se que a primeira folha está completamente desenvolvida, observando-se, de baixo para cima, se a formação do colar é visível, e, somente desta forma, ela é admitida como primeira folha do milho (MAGALHÃES et al., 2002).

Terminado o período vegetativo, inicia-se a fase reprodutiva, cujos estádios, basicamente, referem-se ao desenvolvimento do grão e de suas partes, começando com o estádio R_1 (florescimento) e finalizando com o R_6 (ponto de maturação fisiológica) (MAGALHÃES et al., 1995). Assim, o desenvolvimento e a consistência dos grãos são de fundamental importância, para a identificação dos estádios posteriores à emissão da espiga (KINIRY e BONHOMME, 1991).

3.9. Avaliações fitotécnicas de características da parte aérea

Estas avaliações foram efetuadas por ocasião do pleno florescimento masculino (estádio fenológico VT), isto é, do pendoamento (PALHARES, 2003; DOURADO NETO et al., 2003; MANTINE, 2008).

3.9.1. Altura média de plantas (m)

Na determinação da altura de plantas, foi mensurada a distância entre a superfície do solo à base da inflorescência masculina – “pendão”, mediante o uso de fita graduada (trena), sendo consideradas cinco plantas por parcela,

aleatoriamente (MEROTTO JÚNIOR et al., 1997; SILVA et al., 1999; DEMÉTRIO et al., 2008).

Quadro 4 – Estádios vegetativos e reprodutivos da planta de milho

Vegetativo	Reprodutivo
V _E – emergência	R ₁ – embonecamento
V ₁ – 1ª folha desenvolvida	R ₂ - grão bolha d'água
V ₂ – 2ª folha desenvolvida	R ₃ - grão leitoso
V ₃ – 3ª folha desenvolvida	R ₄ - grão pastoso
V ₄ - 4ª folha desenvolvida	R ₅ - formação de dente
V _N – enésima folha	R ₆ - maturidade fisiológica
V _T – pendoamento	

Fonte: Ritchie e Hanway (1993).

3.9.2. Altura média de inserção de espiga (cm)

A altura média de inserção de espiga foi determinada em cinco plantas de cada parcela, por meio da mensuração com fita graduada, da distância entre a superfície do solo até a inserção da espiga mais alta com o colmo (PALHARES, 2003; SCHEEREN et al., 2004; KAPPES, 2010).

3.9.3. Diâmetro médio do colmo (cm)

Na avaliação do diâmetro médio do colmo, foi considerado o diâmetro do segundo internódio de cinco plantas por parcela, sendo mensurado por meio do uso de um paquímetro (FREDDI et al., 2008; PAIXÃO et al., 2008; FREDDI et al., 2009).

3.9.4. Índice de área foliar

A determinação do índice de área foliar (IAF) foi realizada em cinco plantas por parcela experimental, das quais foram mensurados o comprimento (C) e a maior largura (L) de todas as folhas, para a obtenção inicial da área

foliar (AF) (m²) (SANGOI et al., 2005; SANGOI et al., 2007). Os dados de cada folha foram submetidos à seguinte equação proposta por Francis et al. (1969): $AF = 0,75 \times C \times L$, e, posteriormente, somou-se os valores individuais de todas as folhas, de modo a obter o valor total de área foliar por planta da unidade experimental. Assim, o índice de área foliar foi calculado a partir das medidas de área foliar, conforme a equação: $IAF = AF/(e1 \times e2)$, em que e1 e e2 referem-se ao espaçamento entre plantas na linha de plantio (m) e entre as linhas de plantio (m), respectivamente (SILVA et al., 1999; BRACHTVOGEL, 2008).

3.10. Colheita

Conforme Caniato et al. (2007), em ambos os anos agrícolas, a colheita das espigas foi realizada quando os grãos apresentavam-se no estágio leitoso, que corresponde à fase fenológica R₃ da planta (RITCHIE e HANWAY, 1993). A colheita foi realizada nas primeiras horas da manhã, quando a umidade do ar ainda era alta e a temperatura era menor em relação às outras horas do dia, segundo recomendações de Pereira Filho et al. (2003). O procedimento foi realizado manualmente. Utilizando-se da mesma metodologia proposta por Caniato et al. (2007), além da observação dos grãos nas espigas (RITCHIE e HANWAY, 1993), para a identificação do estágio, verificou-se, de modo empírico, o momento em que o estilo-estigma se desprendia da espiga com facilidade, através do arranquio manual.

3.11. Avaliações fitotécnicas de componentes de produção

3.11.1. Comprimento médio de espiga (cm)

Após a colheita, para obtenção do comprimento médio de espiga, mensurou-se o comprimento de dez espigas, em cada parcela experimental, mediante emprego de uma fita graduada (PALHARES, 2003; BARBIERI et al., 2005; KAPPES, 2010).

3.11.2. Diâmetro médio de espiga (cm)

O diâmetro médio da espiga foi verificado através de um paquímetro, medindo-se o centro de 10 espigas de cada unidade experimental (PAIVA JÚNIOR et al., 2001; MANTINE, 2008; BARBIERI et al., 2005; BRACHTVOGEL et al., 2009).

3.11.3. Número médio de grãos por fileira de espiga

O número médio de grãos, por fileira de espiga, foi determinado mediante simples contagem dos grãos presentes em uma fileira de cada espiga. Para tal, avaliaram-se dez espigas por parcela (MARCHÃO et al., 2005; MANTINE, 2008; VIEIRA et al., 2010).

3.11.4. Massa média de espiga despalhada (g)

A massa média foi obtida por meio da pesagem de cinco espigas despalhadas, de cada unidade experimental, sendo obtida a média do valor total encontrado. As mesmas espigas foram destinadas ao branqueamento e posterior armazenamento (BORGUI et al., 2004; BORDALLO et al., 2005; VIEIRA et al., 2010).

3.11.5. Produtividade média total de espigas despalhadas (t ha⁻¹)

Na quantificação da produtividade média total de espigas despalhadas, primeiramente, despalhou-se todas as espigas da área útil (13,5 m²), de cada parcela experimental, que, posteriormente, foram pesadas (kg parcela⁻¹), sendo o valor obtido extrapolado para t ha⁻¹ (BARBIERI et al., 2005; SANTOS, 2007; ROCHA, 2008).

3.11.6. Produtividade média de espigas comerciais despalhadas (t ha⁻¹)

Após a quantificação da produtividade média total de espigas despalhadas, separou-se as espigas comerciais, com comprimento maior que

15 cm e diâmetro maior que 3 cm (PEREIRA FILHO et al., 2003), que foram, posteriormente, pesadas (kg parcela⁻¹), sendo o valor encontrado extrapolado para t ha⁻¹, obtendo-se, desta forma, a produtividade média de espigas comerciais despalhadas (VIEIRA, 2007; ALBUQUERQUE et al., 2008).

3.12. Armazenamento pós-colheita das espigas

Após a colheita das espigas de milho doce, foram escolhidas, aleatoriamente, cinco espigas de cada tratamento, que foram despalhadas, pesadas e submetidas ao processo de branqueamento em água (KWIATKOWSKI, 2007), com temperatura de 100°C, durante 5 minutos, sendo, em seguida, resfriadas em água com temperatura de 20°C, durante 10 minutos. Posteriormente, foram acondicionadas em sacos plásticos e congeladas em freezer com temperatura de -18 °C (BRASIL, 2005), até o momento em que se procedesse a secagem, para realização das análises químicas de carboidratos.

3.13. Avaliação da composição química de grãos

3.13.1. Açúcares totais (%)

Para a realização das análises químicas, as espigas, de cada parcela experimental, foram descongeladas e, em seguida, os grãos foram retirados das espigas com o auxílio de uma faca de aço inox. Posteriormente, secaram-se os grãos em estufa, na temperatura de 60°C, até peso constante. Os grãos secos foram triturados em moinho de facas, visando obter uma farinha integral de granulação 30 mesh. Utilizou-se esta farinha para quantificar os açúcares totais de cada amostra (BRASIL, 2005).

Os teores de açúcares totais foram determinados utilizando-se o método de Lane-Eynon, segundo os Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005). Primeiramente, a solução de Fehling foi padronizada, utilizando-se uma solução de glicose a 1%. Assim, foi possível obter o fator de conversão (g de glicose para cada 10 mL da solução de Fehling), utilizado para o cálculo do teor de açúcares totais nas análises em questão.

Após a padronização, foram pesados 2 g de cada amostra, que foram transferidos para um Erlenmeyer de 250 mL com o auxílio de água destilada. No frasco, foram adicionados 5 mL de ácido clorídrico, para prévia digestão ácida. Completou-se o volume com água destilada até 250 mL e o frasco foi colocado em chapa aquecedora durante três horas, contando-se a partir da ocorrência da ebulição da solução, à 300°C. Adicionou-se água destilada conforme a evaporação da solução, sendo que próximo do término das três horas completou-se o volume para cerca de 100 mL. O pH foi corrigido para 7,0 por meio da adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 40%. Mediu-se o volume da solução final, sendo esta, posteriormente, filtrada. O filtrado foi adicionado à bureta para titulação.

Em um frasco Erlenmeyer foram adicionados 10 mL de cada solução de Fehling, A e B, com adição de 40 mL de água. O frasco Erlenmeyer foi aquecido até ebulição, e, posteriormente, titulou-se essa solução com a solução da bureta, até que ela passasse de azul a vermelho-tijolo, sendo que, após decantação, o vermelho-tijolo tornava-se incolor com resíduo de Cu_2O (óxido cuproso) no fundo do frasco. A porcentagem de açúcares totais, contida em cada amostra, foi calculada da seguinte forma:

$$\text{AT}(\%) = (V \times 100 \times a) / (v \times P)$$

Sendo:

AT(%): porcentagem de açúcares totais;

V: volume total da solução adicionada à bureta (mL);

a: g de glicose para cada 10 mL da solução de Fehling (fator de conversão);

v: volume gasto na titulação (mL);

P: peso da amostra (g).

3.13.2. Amido (%)

Assim como para açúcares totais, a farinha de milho doce foi utilizada para obtenção do teor de amido, por meio do método de Lane-Eynon, segundo os Métodos Físico-Químicos para Análises de Alimentos do Instituto Adolfo Lutz (BRASIL, 2005).

Após a padronização da solução de Fehling, a análise de amido foi realizada pesando-se, inicialmente, 5 g de amostra desengordurada em frasco

Erlenmeyer, com posterior adição de 100 mL de álcool etílico 70%. A solução foi agitada e aquecida em banho-maria a 85°C, por uma hora. Após esse período, quando a solução já estava esfriada, foram adicionados 50 mL de álcool etílico 70%. Filtrou-se a solução, sendo o resíduo lavado com álcool etílico 70% e transferido para um frasco Erlenmeyer com auxílio de 150 mL de água destilada. Foram adicionadas 5 gotas de NaOH 10% e a solução resultante foi aquecida por mais uma hora. Posteriormente, adicionou-se 5 mL de ácido clorídrico, aquecendo-se por mais 30 minutos. O pH foi corrigido para 7,0 por meio da adição de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 40%. Após correção de pH, a solução de Fehling foi titulada com a solução final, conforme descrito para açúcares totais. A porcentagem de amido, contida em cada amostra, foi calculada da seguinte forma:

$$A(\%) = (V \times 100 \times a \times 0,9) / (v \times P)$$

Sendo:

A(%): porcentagem de amido;

V: volume total da solução adicionada à bureta (mL);

a: g de glicose para cada 10 mL da solução de Fehling (fator de conversão);

v: volume gasto na titulação (mL);

P: peso da amostra (g).

3.14. Análises estatísticas

Inicialmente, os dados experimentais, de cada um dos anos agrícolas, foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk (SHAPIRO e WILK, 1965) ($P > 0,01$) e de Levene (BOX, 1953) ($P > 0,01$), para verificação da normalidade e homocedasticidade residuais, respectivamente, mediante emprego do software estatístico SAS (EVERITT, 2001). Posteriormente, havendo atendimento a essas pressuposições, de modo individual em cada experimento, realizou-se a análise de variância para as médias dos tratamentos ($P < 0,05$) (STEEL e TORRIE, 1960), através do programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000).

Para se trabalhar com a análise conjunta dos dados, de ambos os experimentos, procedeu-se à verificação da ordem de grandeza dos quadrados médios residuais das análises individuais, conforme Pimentel Gomes (1990). Observou-se, desta forma, que as variâncias residuais tinham sido uniformes, se a

relação entre quadrados médios residuais, das análises de variância individuais, para uma determinada característica ou variável resposta, não tivesse ultrapassado a relação aproximada de 7:1.

Após a verificação da homogeneidade das variâncias dos resíduos, na análise conjunta dos experimentos, realizou-se a mesma análise estatística, para as médias dos tratamentos, que foi aplicada aos anos agrícolas individuais. Desta forma, procedeu-se aos desdobramentos que se mostraram necessários, independentemente da interação entre fatores ter sido significativa ou não. Adotou-se este procedimento, pois a análise de variância individual apresenta um teste “F” médio, e muitas vezes, embora a interação seja não significativa, nos desdobramentos de um fator dentro do outro, pode ser detectada significância, que proporciona resultados importantes do ponto de vista prático.

Os efeitos das populações de plantas foram estudados mediante análise de regressão polinomial, observando-se os resultados do teste F ($P < 0,05$) da análise de variância e do teste t de Student (1908) ($P < 0,05$), para os coeficientes de regressão (CRUZ e REGAZZI, 2001). No caso em que não foi possível ajuste de modelos lineares e não-lineares, a variável resposta foi discutida por meio da estatística descritiva (média e desvio-padrão). Ainda que o objetivo do experimento não fosse comparar os efeitos dos genótipos, estes foram estudados pelo teste F, que para dois níveis de fator, como é o caso dos híbridos, é conclusivo.

O modelo matemático adotado para a análise conjunta foi:

$$Y_{ijkl} = m + E_i + b_j(E_i) + A_k + B_l + EA_{ik} + EB_{il} + AB_{kl} + EAB_{ikl} + e_{ijkl}$$

Em que:

Y_{ijkl} = valor observado na ijkl-ésima parcela;

m = média geral da análise conjunta;

E_i = efeito associado ao i-ésimo experimento;

$b_j(E_i)$ = efeito do j-ésimo bloco dentro do i-ésimo experimento;

A_k = efeito do k-ésimo nível do fator A;

B_l = efeito do l-ésimo nível do fator B;

EA_{ik} = efeito da interação entre o i-ésimo experimento e o k-ésimo nível do fator A;

EB_{il} = efeito da interação entre o i-ésimo experimento e o l-ésimo nível do fator B;

AB_{kl} = efeito da interação entre o k-ésimo nível do fator A com o l-ésimo nível do fator B;

EAB_{ikl} = efeito da interação entre o i-ésimo experimento com o k-ésimo nível do fator A com o l-ésimo nível do fator B;

e_{ijkl} = efeito residual associado ao i-ésimo experimento com o j-ésimo bloco, dentro do i-ésimo experimento, com o k-ésimo nível do fator A com o l-ésimo nível do fator B.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Condições climáticas

4.1.1. Ano agrícola de 2009

A exigência hídrica da cultura do milho varia entre 500 e 800 mm (ALDRICH et al., 1982). Conforme a Figura 1, durante as 13 semanas de cultivo, no ano agrícola de 2009, o total de precipitação pluvial foi de 642,4 mm, atendendo, desta forma, ao requerimento do milho. Houve períodos de seca, como na terceira, quinta e décima semana de condução do experimento, porém, com o fornecimento de água suplementar, por meio da irrigação, não ocorreram prejuízos às plantas, devido à falta de água no solo.

No que diz respeito às temperaturas médias máximas e mínimas do ar, referentes ao período total do experimento, essas foram de 28,14°C e 18,35°C, respectivamente. Para Kiniry e Bonhomme (1991), a planta de milho apresenta um limite máximo de temperatura de 44°C e mínimo de 8°C, para o seu crescimento e desenvolvimento, sendo que o ideal é que as temperaturas permaneçam entre 26°C e 34°C. Wislie (1962) cita valores semelhantes de temperaturas ótimas, para a cultura do milho, que variam de 28°C à 35°C. Desta forma, não foi observado, ao longo do experimento, estresse térmico por parte das plantas. A temperatura basal mínima que o milho necessita, para crescer e se desenvolver, é de 10°C, conforme Villa Nova et al. (1972) e Barbano et al. (2003). Portanto, não se detectou danos à cultura em virtude do frio (Figura 1).

4.1.2. Ano agrícola de 2010

Embora a precipitação pluvial (575,3 mm), no ano agrícola de 2010 (Figura 1), tenha sido suficiente para suprir as necessidades hídricas da cultura do milho, conforme Aldrich et al. (1982), nas duas primeiras semanas de cultivo, constatou-se um período de estiagem. Este abrangeu a fase fenológica

de germinação e emergência, e mesmo com o fornecimento suplementar de água, através da irrigação, verificou-se atraso na germinação das sementes de milho doce. Este fato corrobora com o relatado por Adegbuyi et al. (1981) e Kappes et al. (2010), que responsabilizam o estresse hídrico pela menor velocidade de germinação de sementes de diferentes culturas. Ainda que o milho do experimento de 2010 não tenha sofrido estresse hídrico, devido à utilização da irrigação, o clima seco, associado às temperaturas médias máximas elevadas (Figura 1), podem ter retardado o processo germinativo das sementes, assim como a emergência e crescimento de plântulas.

A estiagem encerrou-se logo após as duas primeiras semanas de cultivo, entretanto, as temperaturas médias máximas do ar reduziram na terceira semana (21,57°C), assim como as médias mínimas na quarta semana (12,86°C). Estas mudanças proporcionaram um crescimento inicial mais lento das plantas de milho, uma vez que Wislie (1962) e Kiniry e Bonhomme (1991) relatam temperaturas do ar entre 26°C e 35°C como sendo as ótimas para a cultura do milho. Desta forma, as condições climáticas das primeiras semanas de cultivo foram responsáveis por um aumento do ciclo das plantas no ano de 2010 (103 dias), quando comparado ao ano de 2009 (91 dias) (Figura 1).

Posteriormente às condições adversas, encontradas nas primeiras semanas após a instalação do experimento, houve maior regularidade de chuvas, assim como temperaturas ideais, suficientes para proporcionar um bom crescimento e desenvolvimento da cultura. O mínimo requerido pelo milho, temperatura de 10°C (VILLA NOVA et al., 1972; BARBANO et al., 2003), foi atendido durante todo o período experimental (Figura 1).

4.2. Características da parte aérea

4.2.1. Altura média de plantas

Na análise de variância conjunta, não se observou significância para a interação densidade populacional x híbrido x ano agrícola, assim como para as demais interações e fatores, exceto população de plantas e ano agrícola (Quadro 5). No desdobramento da densidade populacional dentro de Tropical Plus e RB – 6324, no ano agrícola de 2009 e dentro de RB – 6324, no ano

agrícola de 2010, não houve efeito significativo da população de plantas sobre a expressão fenotípica de altura média (Quadro 5, Figuras 2 e 3). Esses resultados corroboram com os encontrados por Silva et al. (1999), Mantine (2008) e Kappes (2010).

Quadro 5 – Resumo da análise de variância conjunta referente à altura média de plantas (m) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	0,025551*
Híbrido (H)	1	0,002205 ^{ns}
Ano	1	0,283220*
P x H	4	0,003999 ^{ns}
H x Ano	1	0,015680 ^{ns}
P x Ano	4	0,009689 ^{ns}
P x H x Ano	4	0,004436 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	0,015400 ^{ns}
P / H2 Ano 1	4	0,004513 ^{ns}
P / H1 Ano 2	4	0,019055*
P / H2 Ano 2	4	0,004708 ^{ns}
Bloco/Ano	6	0,011743 ^{ns}
Resíduo	54	0,006746
Média Geral		1,64
C.V. (%)		5,00

*Significativo ($P < 0,05$) e ns – não significativo ($P > 0,05$), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

O desdobramento da população de plantas dentro do híbrido Tropical Plus, no ano agrícola de 2010, apresentou efeito significativo (Quadro 5). O modelo polinomial que melhor se ajustou ao comportamento da variável resposta, nesse desdobramento, em função do incremento na densidade populacional, foi o quadrático. Observou-se acréscimo na altura de plantas, a partir da população de 60.118 plantas ha^{-1} , na qual foi obtida a resposta mínima para a característica (1,51 m), até 100.000 plantas ha^{-1} (Figura 3).

Este efeito ocorreu em virtude do estiolamento, provocado pelo aumento na densidade populacional, devido às mudanças fisiológicas impostas às plantas. Um maior número de plantas por unidade de área faz com que se aumente a competição intra-específica por luz, água e nutrientes, e que menor quantidade de radiação solar atinja o ponto de crescimento da planta, que

proporciona menor fotooxidação da auxina e acúmulo deste fitormônio nessa região, levando à dominância apical. Esta também se deve à inativação do fitocromo, em função da menor relação de luz vermelha/vermelha distante, presente em maiores populações de plantas. A dominância apical gerada pela auxina, no ponto de crescimento da planta, faz com que maior taxa de transporte de substâncias, como fotoassimilados, fitormônios, água e nutrientes, seja destinada ao crescimento dessa região, que ocorre através da alongação celular, com o objetivo da planta se sobressair em altura e evitar o sombreamento, causando, desta forma, o estiolamento (GARDNER et al., 1985; KASPERBAUER e KARLEN, 1994; ALMEIDA et al., 2000; ARGENTA et al., 2001b; SANGOI et al., 2002b; TAIZ e ZEIGER, 2004; STRIEDER et al., 2007).

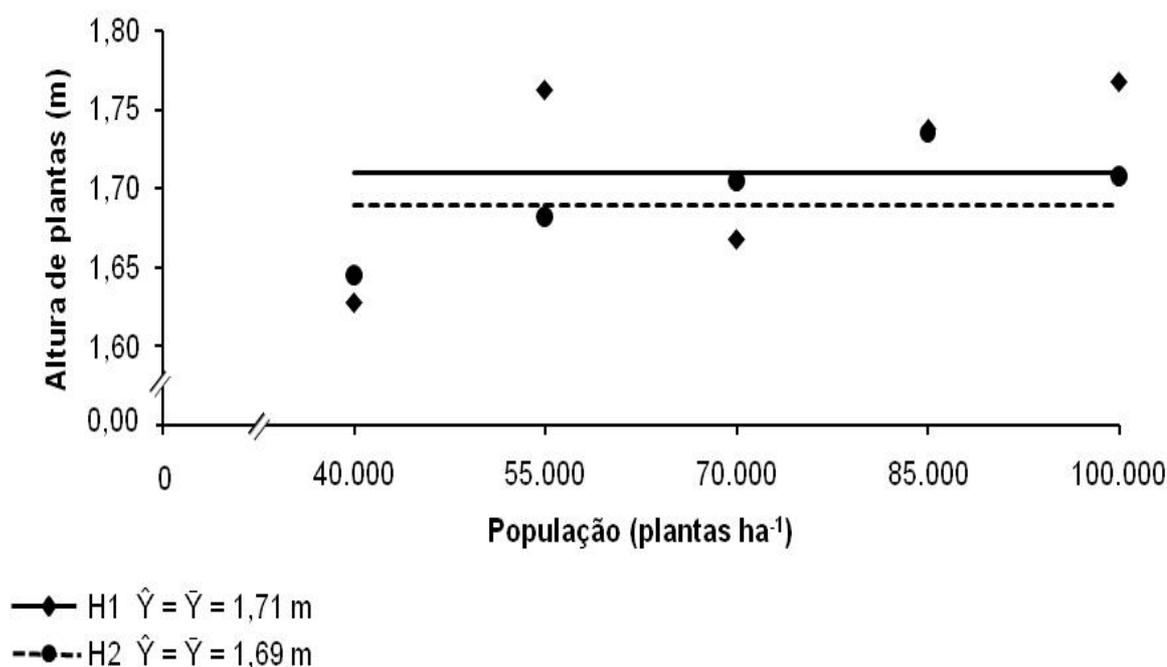


Figura 2 – Altura média de plantas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009.

Comportamento quadrático semelhante foi observado por Rocha (2008), para a cultivar de milho verde comum AG4051, sendo a menor altura de plantas (2,03 m) observada com a população de 30.000 plantas ha⁻¹, no intervalo entre 30.000 e 60.000 plantas ha⁻¹. Demétrio et al. (2008) também

constatarem aumento na altura com o incremento na população de plantas, entretanto, no intervalo de 30.000 a 90.000 plantas ha⁻¹, houve acréscimo linear de 0,05 m (5 cm) e 0,03 m (3 cm), a cada variação de 10.000 plantas por hectare, para os híbridos de milho comum 30K73 e 30F80, respectivamente.

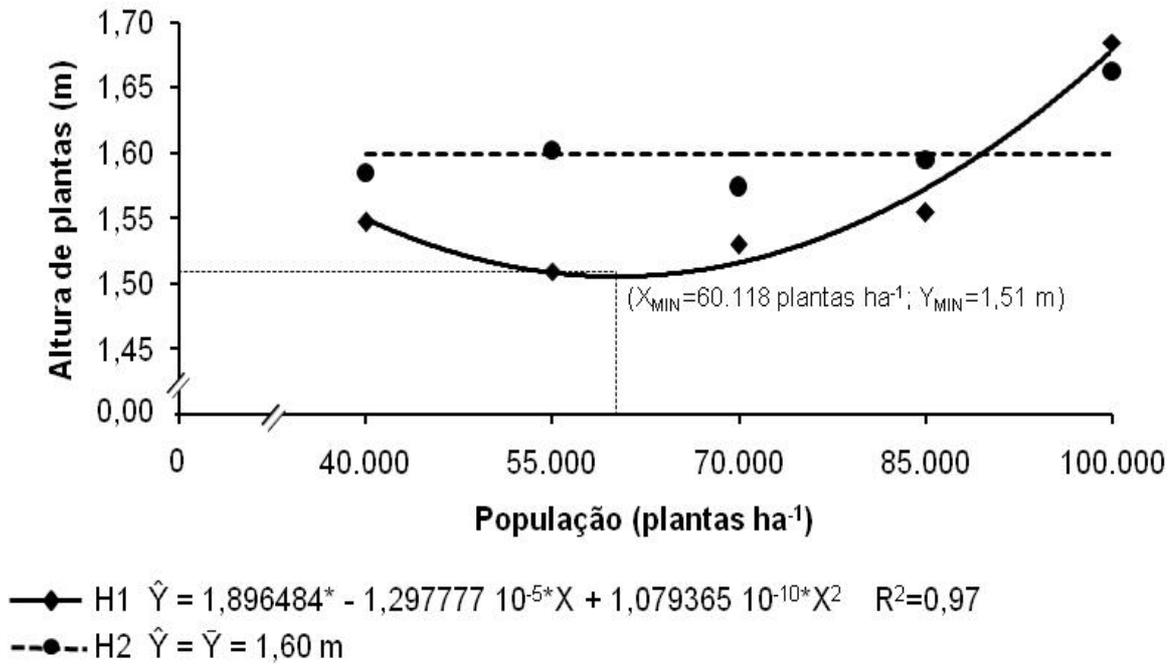


Figura 3 – Altura média de plantas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

A tendência de aumento da estatura das plantas, conforme o aumento da densidade populacional, em milho comum, também foi verificado por Merotto Júnior et al. (1997), Palhares (2003), Dourado Neto et al. (2003), Scheeren et al. (2004) e Alvarez et al. (2006). Todavia, houve contradições entre os resultados desses autores e do presente estudo com os obtidos por Silva et al. (2003), Silva et al. (2007) e Vieira (2007).

Avaliando-se o efeito dos genótipos sobre a altura média de plantas, foi possível observar que não houve diferença estatística entre os híbridos, em todas as populações e anos agrícolas utilizados (Quadro 6). Possivelmente, essa resposta está associada à pequena variação da característica, entre Tropical Plus e RB – 6324, cujas alturas, em média, são de 2,35 e 2,45 m,

respectivamente, segundo informações obtidas junto ao “Centro Avançado Syngenta de Atendimento” (itens 3.3.1 e 3.3.2).

Quadro 6 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica altura média de plantas (m)

Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	1,63	1,64
40.000	2	1,55	1,58
55.000	1	1,76	1,68
55.000	2	1,51	1,60
70.000	1	1,67	1,70
70.000	2	1,53	1,57
85.000	1	1,74	1,73
85.000	2	1,55	1,59
100.000	1	1,77	1,70
100.000	2	1,68	1,66

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste F.

4.2.2. Altura média de inserção de espiga

Nos resultados da análise de variância conjunta, para altura média de inserção de espiga, os fatores densidade populacional e ano agrícola, assim como a interação entre população de plantas e ano agrícola, foram significativos. Ainda que não tenha sido observada interação tripla significativa entre fatores, constatou-se que os desdobramentos da população de plantas dentro dos dois híbridos utilizados, no ano agrícola de 2009, e dentro de Tropical Plus, no ano agrícola de 2010, foram significativos (Quadro 7).

No primeiro ano, o híbrido Tropical Plus apresentou comportamento linear crescente da variável resposta, em função do aumento na densidade populacional. A cada 10.000 plantas ha⁻¹ adicionadas à lavoura de milho doce, verificou-se um acréscimo aproximado de 1,50 cm na altura de inserção de espiga (Figura 4). Respostas semelhantes foram encontradas por Mantine (2008), que observou coeficiente angular positivo em um modelo polinomial linear, para essa característica da parte aérea, no espaçamento entre linhas de 0,90 m e para o híbrido de milho comum DKB 234, no intervalo entre 45.000 e

90.000 plantas ha⁻¹. Concorda também, desta forma, com os resultados reportados por Argenta et al. (2001b).

Quadro 7 – Resumo da análise de variância conjunta referente à altura média de inserção de espiga (cm) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	102,343000*
Híbrido (H)	1	5,512500 ^{ns}
Ano	1	1554,084500*
P x H	4	67,207500 ^{ns}
H x Ano	1	0,180500 ^{ns}
P x Ano	4	110,537000*
P x H x Ano	4	40,450500 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	92,227000*
P / H2 Ano 1	4	96,923000*
P / H1 Ano 2	4	117,638000*
P / H2 Ano 2	4	13,750000 ^{ns}
Bloco/Ano	6	86,308500*
Resíduo	54	32,401463
Média Geral		77,35
C.V. (%)		7,31

*Significativo (P<0,05) e ns – não significativo (P>0,05), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

Em populações de plantas entre 40.000 e 80.000 plantas ha⁻¹, Penariol et al. (2003) verificaram acréscimo linear de 1,63 cm na altura média de inserção de espiga, conforme o aumento gradual de 10.000 plantas ha⁻¹, para a variedade e híbrido de milho comum BR-473 e AG-9010, respectivamente, estando de acordo com os resultados obtidos no presente estudo, para o híbrido Tropical Plus, em 2009. Da mesma forma, Rocha (2008) encontrou resultados semelhantes para cultivares de milho verde comum, no intervalo entre 30.000 e 60.000 plantas por hectare e Kappes (2010), entre 50.000 e 90.000 plantas por hectare, para genótipos de milho grão comum.

Ainda no ano agrícola de 2009, o comportamento quadrático da altura de inserção de espiga, em função do aumento na população de plantas, foi significativo, para o híbrido RB - 6324. Houve um acréscimo na característica, de 40.000 a 72.236 plantas ha⁻¹, onde se obteve o máximo valor de altura de espiga (87,39 cm), ocorrendo posterior redução até 100.000 plantas por

hectare (Figura 4). Esta resposta pode estar associada a uma maior tolerância à competição intra-específica, com o incremento na população de plantas, pelo híbrido RB - 6324, conforme reportado por meio de resultados semelhantes por Merotto Júnior et al. (1997) e Marchão et al. (2005). Estes autores também relataram acréscimo inicial com posterior decréscimo, na altura de inserção de espiga, em maiores densidades populacionais.

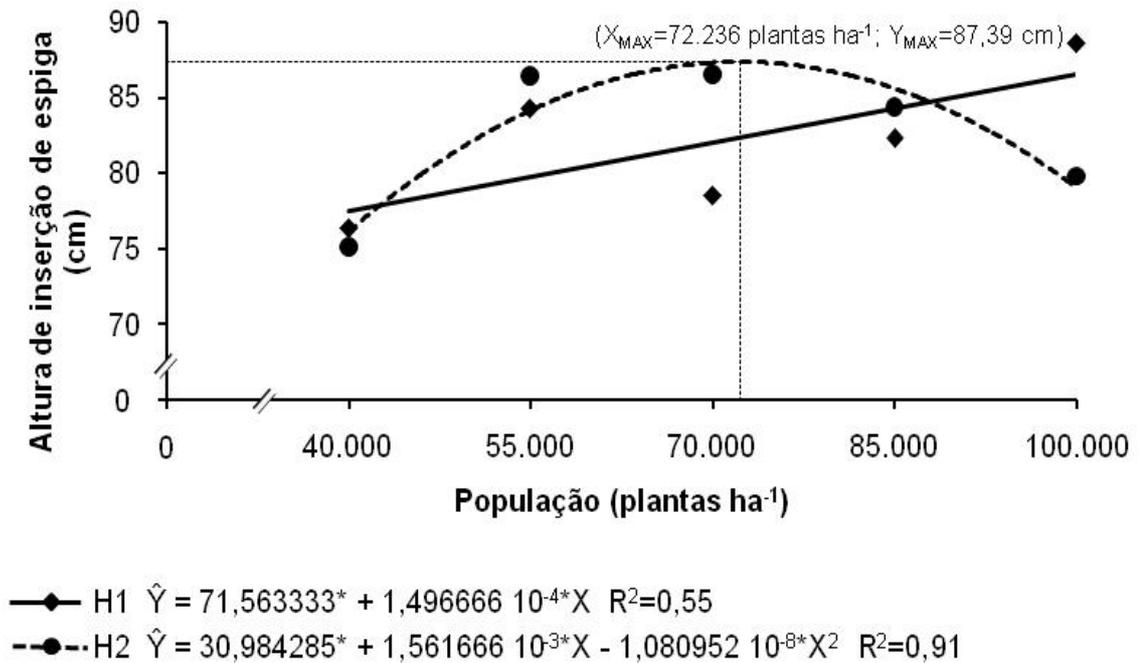


Figura 4 – Altura média de inserção de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Para Tropical Plus, no ano agrícola de 2010, embora tenha sido observado modelo polinomial cúbico significativo, foi possível constatar aumento na característica avaliada, da população de 54.223 plantas ha^{-1} , que obteve o menor valor de altura de espiga (65,23 cm), até a população de 91.296 plantas ha^{-1} , que apresentou o máximo valor da variável resposta (79,98 cm) (Figura 5). O aumento da altura de inserção de espiga, conforme o aumento da densidade de plantas, em milho comum, também foi reportado por Argenta et al. (2001a), Scheeren et al. (2004), Alvarez et al. (2006) e Demétrio et al. (2008).

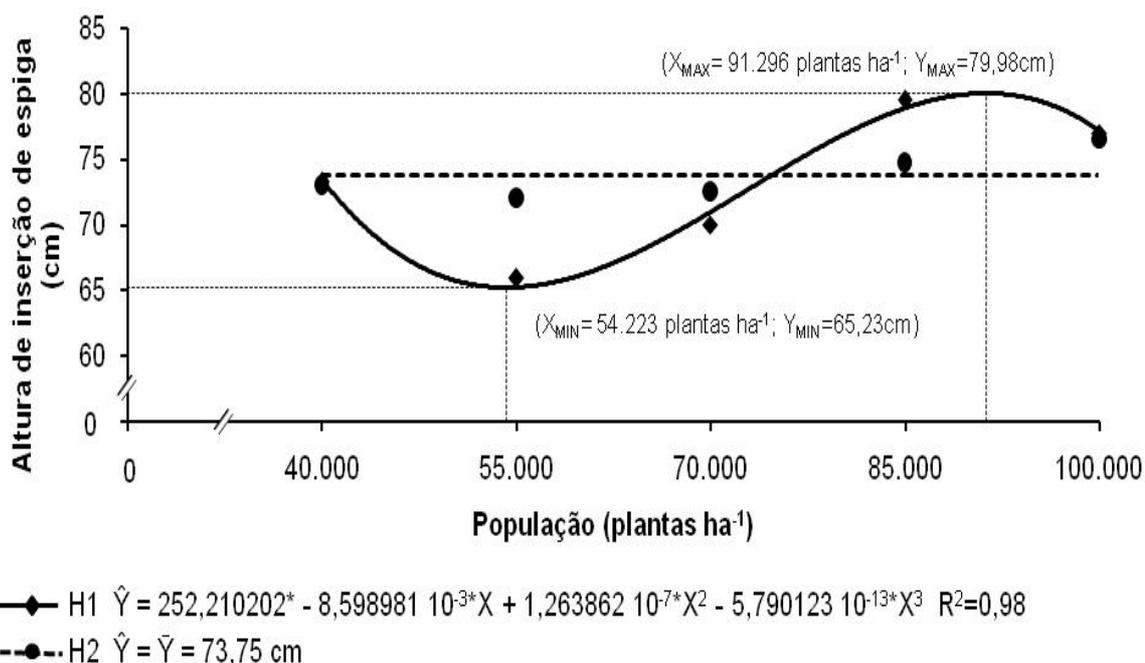


Figura 5 – Altura média de inserção de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

O aumento da altura de inserção de espiga, em função do aumento da população de plantas, pode ser explicado pela maior competição intra-específica por luz e ocorrência de dominância apical (BALLARÉ e CASAL, 2000; RAJCAN e SWANTON, 2001; SANGOI et al., 2002b), as quais provocam estiolamento, corroborando com os resultados observados para altura média de plantas, no ano agrícola de 2009 e 2010, para o híbrido Tropical Plus.

O efeito não significativo do incremento populacional sobre a variável resposta avaliada, no ano de 2010, para o híbrido RB – 6324 (Figura 5), está de acordo com resultados obtidos por Silva et al. (1999) e Silva et al. (2003).

De modo geral, da mesma maneira que para altura média de plantas, o efeito dos genótipos também não foi observado para altura média de inserção de espiga, a não ser no ano de 2009, na população de 100.000 plantas ha^{-1} . Neste caso, pode-se afirmar que as mudanças fisiológicas, resultantes do aumento na densidade populacional, proporcionaram um efeito maior no híbrido Tropical Plus, uma vez que este apresentou altura de inserção de espiga superior à do híbrido RB – 6324 (Quadro 8).

Quadro 8 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica altura média de inserção de espiga (cm)

Densidade populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	76,40	75,15
40.000	2	73,25	73,00
55.000	1	84,30	86,45
55.000	2	65,90	72,00
70.000	1	78,55	86,55
70.000	2	70,00	72,50
85.000	1	82,35	84,40
85.000	2	79,50	74,75
100.000	1	88,60a	79,80b
100.000	2	77,00	76,50

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste F.

4.2.3. Diâmetro médio do colmo

Na análise de variância conjunta, para diâmetro médio de colmo, observou-se que a densidade populacional e a interação tripla entre os fatores testados foram significativas, assim como os desdobramentos da população de plantas dentro de cada híbrido, em 2009, e dentro do RB – 6324, em 2010 (Quadro 9).

No primeiro ano, verificou-se que o modelo polinomial melhor ajustado, da característica avaliada, em função da densidade populacional, para Tropical Plus e RB - 6324, foi o quadrático. Em ambos os casos, notou-se tendência de redução do diâmetro do colmo conforme o aumento da densidade de plantas (Figura 6). A mesma tendência foi constatada por Palhares (2003), Dourado Neto et al. (2003) e Carvalho (2007), em milho comum.

Para Tropical Plus, estimou-se que o menor valor da variável resposta analisada (2,24 cm) foi obtido com 83.452 plantas ha⁻¹, enquanto que para RB - 6324, o máximo valor de diâmetro (2,58 cm) foi observado com 56.785 plantas ha⁻¹ (Figura 6). Embora Mantine (2008) e Penariol et al. (2003) tenham notado aumento do diâmetro de colmo com a redução da população de plantas, o comportamento da regressão da característica não foi quadrático e sim linear.

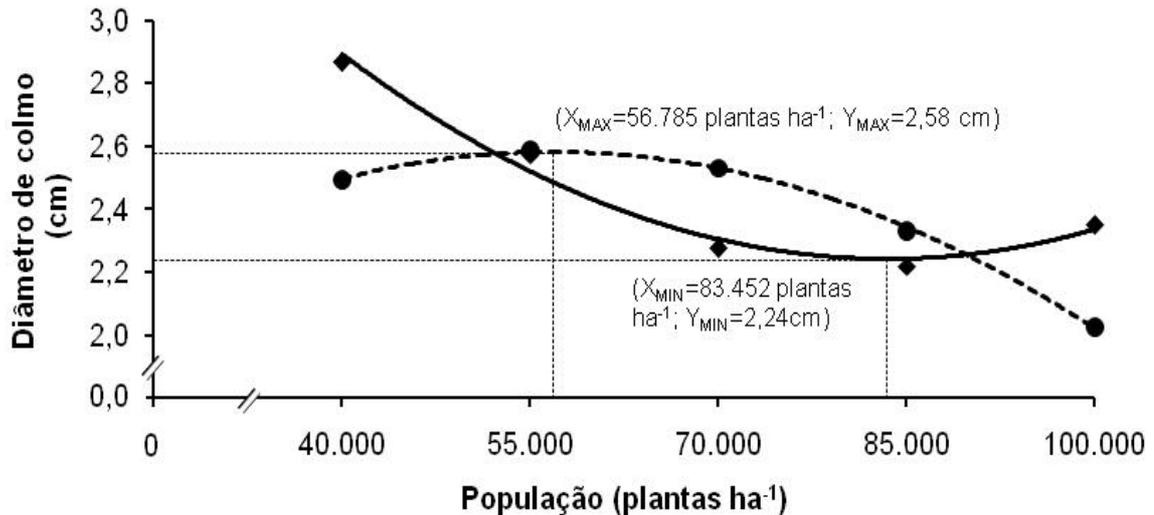
De acordo com Mantine (2008), entre 45.000 e 90.000 plantas ha⁻¹, o aumento de 10.000 plantas ha⁻¹ proporcionou redução linear de 0,09 cm no diâmetro do colmo de milho, para os híbridos de milho comum 30K73 e 30F80. Penariol et al. (2003) detectaram descréscimo semelhante ao de Mantine (2008), sendo essa redução de 0,08 cm, no intervalo entre 40.000 e 80.000 plantas por hectare, para a variedade e híbrido de milho comum, BR-473 e AG-9010, respectivamente.

Quadro 9 – Resumo da análise de variância conjunta referente ao diâmetro médio de colmo de plantas (cm) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	0,392583*
Híbrido (H)	1	0,007605 ^{ns}
Ano	1	0,015125 ^{ns}
P x H	4	0,076714 ^{ns}
H x Ano	1	0,039605 ^{ns}
P x Ano	4	0,040028 ^{ns}
P x H x Ano	4	0,242989*
P / H1 Ano 1	4	0,282267*
P / H2 Ano 1	4	0,206558*
P / H1 Ano 2	4	0,054370 ^{ns}
P / H2 Ano 2	4	0,209120*
Bloco/Ano	6	0,180572*
Resíduo	54	0,044548
Média Geral		2,44
C.V. (%)		8,65

*Significativo (P<0,05) e ns – não significativo (P>0,05), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

No ano agrícola de 2010, enquanto que para Tropical Plus constatou-se que a variável resposta estimada foi igual à variável resposta média, comportando-se de maneira constante, em função do aumento populacional, para RB – 6324, a característica respondeu de maneira cúbica a essa variação (Figura 7). Esses resultados diferenciaram-se dos obtidos por Porter et al. (1997), Amaral Filho (2002) e Kappes (2010), para milho grão comum, que observaram redução linear do diâmetro de colmo, com o incremento na densidade de plantas.



—◆— H1 $\hat{Y} = 4,639444^* - 5,748888 \cdot 10^{-5} \cdot X + 3,444444 \cdot 10^{-10} \cdot X^2 \quad R^2=0,98$

-●- H2 $\hat{Y} = 1,611968^* + 3,416111 \cdot 10^{-5} \cdot X - 3,007936 \cdot 10^{-10} \cdot X^2 \quad R^2=0,99$

Figura 6 – Diâmetro médio de colmo dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Entretanto, notadamente, observa-se que entre a população que obteve o maior valor de diâmetro (2,76 cm), que foi 47.976 plantas ha⁻¹, e a que obteve o menor valor (2,15 cm), que foi 86.592 plantas ha⁻¹, houve redução da variável resposta avaliada. Além disso, apesar da característica ter aumentado de valor, de 86.592 plantas ha⁻¹ a 100.000 plantas ha⁻¹, os diâmetros de colmo sempre foram menores que os obtidos abaixo de 70.000 plantas ha⁻¹ (Figura 7). Assim, esses resultados concordam com o reportado por Bruns e Abbas (2005), que relataram que o aumento da população, na maioria dos cereais da família Poaceae, resulta na produção de plantas mais altas e com colmos de menor diâmetro.

Assim como para o aumento da altura média de plantas e de inserção de espiga, em função do acréscimo de plantas por hectare, a redução do diâmetro de colmo pode ser explicada pelas alterações na quantidade e qualidade da radiação incidente, em ambientes com alta competição intra-específica (BALLARÉ e CASAL, 2000; RAJCAN e SWANTON, 2001). O aumento da densidade populacional pode proporcionar redução na

disponibilidade de água e nutrientes por planta, diminuindo a massa seca e fragilizando o diâmetro de colmo (KAPPES, 2010). A maior competição por luz e a dominância apical, com o incremento populacional, que causam o estiolamento de plantas, também são responsáveis pela diminuição do diâmetro de colmo, que pode levar a uma maior taxa de acamamento e/ou quebramento de colmo de plantas (SANGOI et al., 2000; ARGENTA et al., 2001a; SANGOI et al., 2002b; TAIZ e ZEIGER, 2004, GROSS et al., 2006; BRACHTVOGEL et al., 2009).

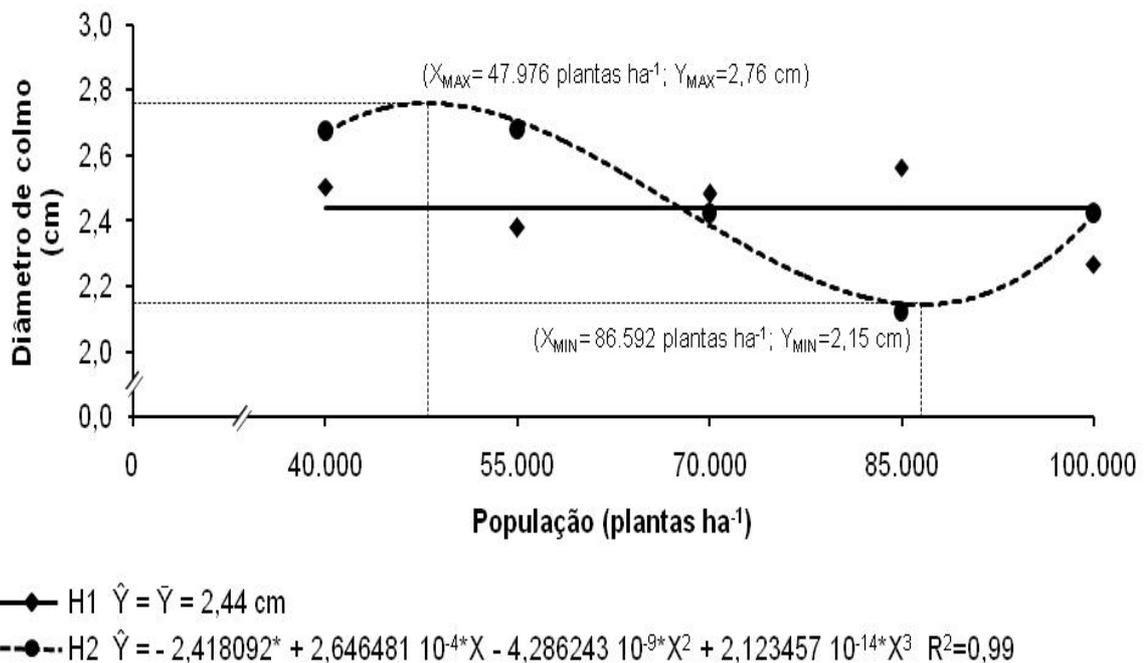


Figura 7 – Diâmetro médio de colmo dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Na avaliação do efeito dos genótipos sobre a expressão fenotípica do diâmetro médio do colmo, apesar de ter sido observada diferença estatística entre híbridos, as respostas variaram entre as populações, dentro dos respectivos anos. Desta forma, não foi possível concluir que o comportamento diferencial, entre os genótipos, foi devido à utilização de populações mais altas ou mais baixas. Entretanto, observou-se, nas populações de 100.000 plantas ha^{-1} , em 2009, e de 85.000 plantas ha^{-1} , em 2010, que os diâmetros de colmo

de Tropical Plus foram estatisticamente superiores aos de RB – 6324. Isto pode ser indício de maior resistência ao quebramento de colmo, assim como ao acamamento de plantas, por parte de Tropical Plus, em maiores densidades populacionais (Quadro 10).

Quadro 10 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica diâmetro médio de colmo de plantas (cm)

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	2,87a	2,49b
40.000	2	2,50	2,67
55.000	1	2,57	2,59
55.000	2	2,38b	2,68a
70.000	1	2,28	2,53
70.000	2	2,48	2,42
85.000	1	2,22	2,33
85.000	2	2,56a	2,12b
100.000	1	2,35a	2,05b
100.000	2	2,27	2,42

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste F.

4.2.4. Índice de área foliar

Os fatores testados, de maneira isolada, e a interação entre híbrido e ano agrícola foram significativos, na análise de variância conjunta, para índice de área foliar. Já a interação tripla entre fatores não apresentou significância. Entretanto, mesmo neste caso, procedeu-se aos desdobramentos da densidade populacional dentro dos híbridos e anos agrícolas. Tanto para Tropical Plus quanto para RB – 6324, em ambos os anos agrícolas, constatou-se significância quanto ao efeito da população de plantas sobre o índice de área foliar (Quadro 11).

Em todos esses desdobramentos significativos, observou-se que o modelo polinomial que melhor se ajustou à resposta do índice de área foliar, em função do aumento na densidade de plantas, foi o linear. O incremento de 10.000 plantas por hectare proporcionou, na característica avaliada,

acrécimos de 0,43 e 0,42 (2009), e 0,36 e 0,43 (2010), para Tropical Plus e RB – 6324, respectivamente (Figuras 8 e 9).

Quadro 11 – Resumo da análise de variância conjunta referente ao índice de área foliar de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	15,263669*
Híbrido (H)	1	0,780915*
Ano	1	4,404850*
P x H	4	0,085262 ^{ns}
H x Ano	1	0,592712*
P x Ano	4	0,052419 ^{ns}
P x H x Ano	4	0,117509 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	4,338982*
P / H2 Ano 1	4	4,079821*
P / H1 Ano 2	4	2,994934*
P / H2 Ano 2	4	4,105122*
Bloco/Ano	6	0,295512*
Resíduo	54	0,126832
Média Geral		3,08
C.V. (%)		11,56

*Significativo ($P < 0,05$) e ns – não significativo ($P > 0,05$), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

Resultados semelhantes foram obtidos por Silva et al. (1999), em populações variando de 50.000 a 110.000 plantas ha^{-1} , que constataram aumento linear no índice de área foliar, de 0,54 e 0,34, a cada 10.000 plantas ha^{-1} adicionadas à lavoura, para os híbridos de milho comum XL 212 e Cargill 901, respectivamente. Também observaram a mesma tendência para outros híbridos de milho comum, como o Pioneer 3207 e o Pioneer 3063, entretanto, o padrão de comportamento foi quadrático e não linear.

Uma resposta quadrática crescente do índice de área foliar, com o aumento na população de plantas, de 30.000 a 105.000 plantas ha^{-1} , para o híbrido de milho comum DOW 2B587, foi encontrada por Brachtvogel (2008). Este comportamento foi explicado pelo autor como sendo devido ao incremento no número de indivíduos por área. Os resultados do presente estudo, de Silva et al. (1999) e Brachtvogel (2008), concordam com os obtidos por outros

autores como Machado et al. (1982), Maddoni et al. (2001), Anda e Loke (2005) e Sangoi et al. (2005).

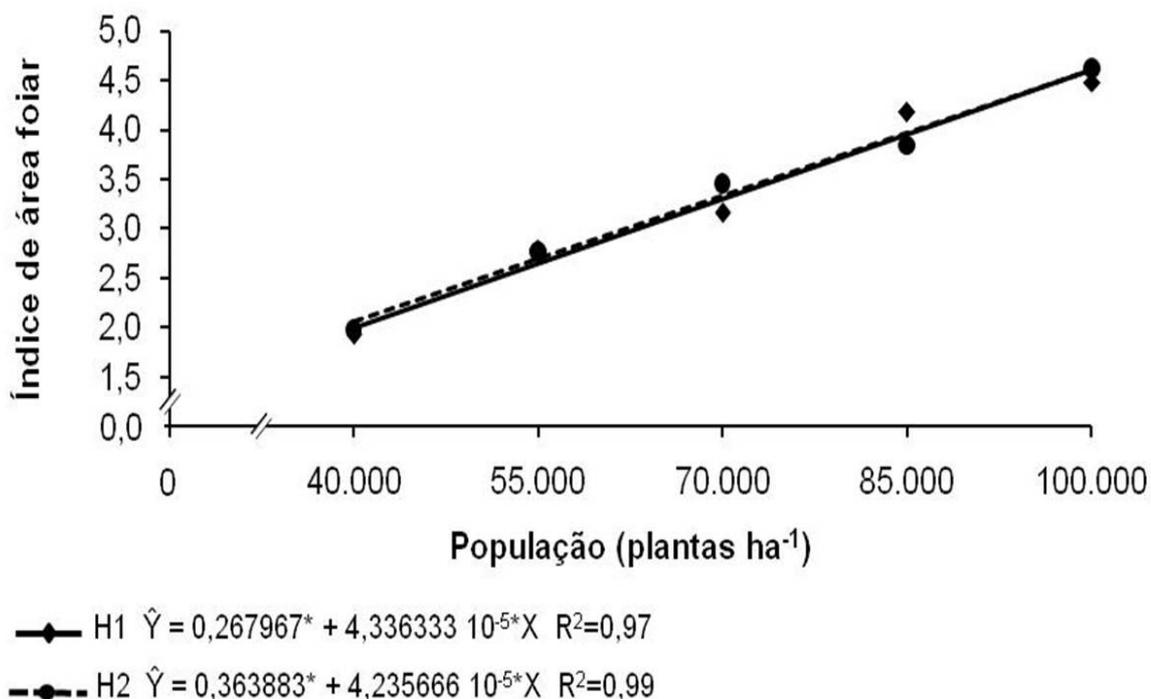


Figura 8 – Índice de área foliar dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

O incremento na densidade populacional proporciona redução da área foliar de plantas, devido à maior competição entre os indivíduos por luz, água e nutrientes, que acelera a senescência foliar (SANGOI et al., 2005; SANGOI et al., 2007), corroborando com o reportado por Valentinuz e Tollenaar (2004). Todavia, pode aumentar a produção de grãos de milho, por meio do maior número de indivíduos por unidade de área ou maior índice de área foliar, isto é, uma maior área foliar dentro de uma determinada superfície de solo. Isto ocorre devido à otimização da eficiência de interceptação da luz solar (DINIZ, 1996).

Apesar do efeito benéfico do aumento do índice de área foliar, quanto à otimização da interceptação da luz solar, é necessário que haja uma alta eficiência de conversão dessa energia luminosa em energia química de fotoassimilados. A elevação do índice de área foliar aumenta a produção de grãos até uma determinada população de plantas, ocorrendo posterior redução

em populações mais elevadas, devido à maior taxa de evapotranspiração e à consequente maior demanda de água. Se ocorrer deficiência hídrica nessas situações, as plantas diminuem sua taxa fotossintética, reduzindo a capacidade dos drenos em acumular fotoassimilados (OLIVEIRA et al., 1993; COX, 1996; ALMEIDA et al., 2000).

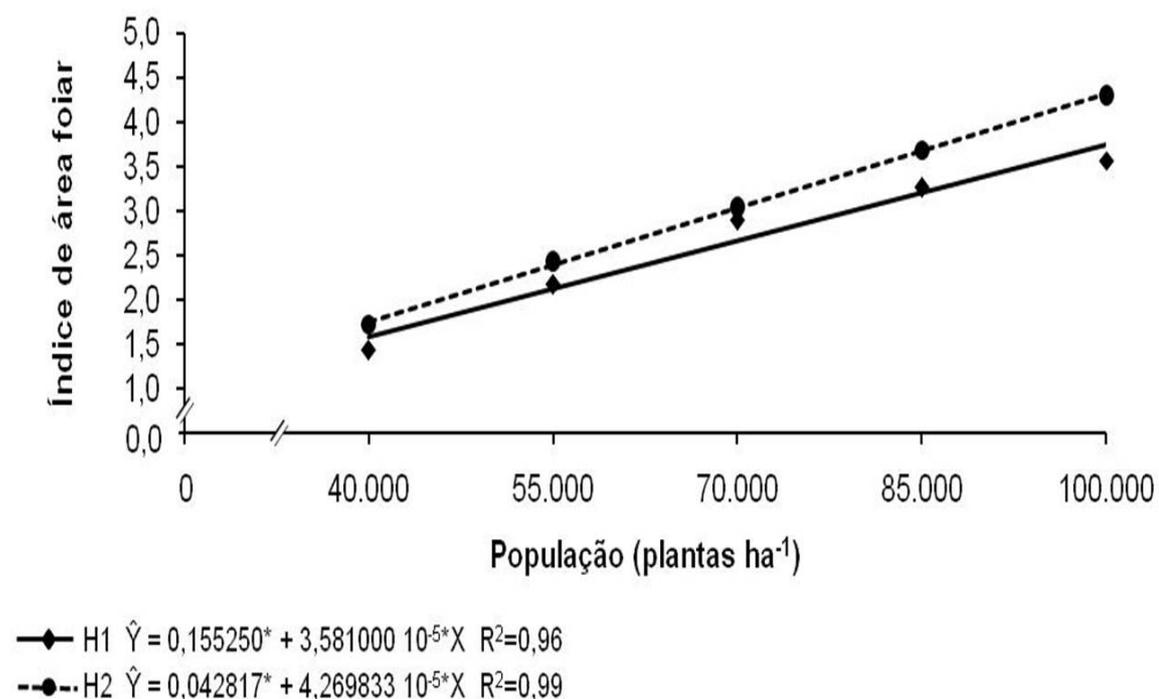


Figura 9 – Índice de área foliar dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Os resultados de efeito dos híbridos, sobre o índice de área foliar, mostraram que, de modo geral, não houve diferença estatística entre os genótipos utilizados, da mesma maneira que para altura média de plantas (Quadro 12).

No ano de 2010, entretanto, o híbrido Tropical Plus apresentou um índice de área foliar inferior ao de RB – 6324, com 100.000 plantas ha⁻¹, indicando que o segundo genótipo, possivelmente, está mais sujeito às modificações fisiológicas negativas, impostas pelo aumento do índice de área foliar, em maiores densidades de plantas (Quadro 12).

Quadro 12 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica índice de área foliar

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	1,92	1,97
40.000	2	1,43	1,72
55.000	1	2,78	2,77
55.000	2	2,17	2,43
70.000	1	3,16	3,45
70.000	2	2,89	3,04
85.000	1	4,17	3,84
85.000	2	3,26	3,68
100.000	1	4,48	4,61
100.000	2	3,27b	4,29a

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste F.

4.3. Componentes de produção

4.3.1. Comprimento médio de espiga

Os resultados para comprimento médio de espiga mostraram que, na análise de variância conjunta, somente o fator população de plantas foi significativo. A interação entre densidade populacional x híbrido x ano agrícola não apresentou significância, detectando-se este mesmo resultado para o desdobramento da população de plantas dentro dos híbridos e anos agrícolas (Quadro 13). Porém, no experimento de 2009, quando se verificou o comportamento do comprimento médio de espiga, em função das densidades populacionais, para Tropical Plus, constatou-se regressão linear significativa. Obteve-se uma reta decrescente, por meio da qual foi possível observar que o componente de produção e de qualidade para industrialização, reduziu em 0,16 cm, a cada 10.000 plantas ha⁻¹ adicionadas à lavoura (Figura 10).

Diferenciando-se dos resultados obtidos para Tropical Plus no experimento de 2009, para este híbrido, em 2010, e para RB – 6324, em ambos os anos agrícolas, não se encontrou modelos polinomiais significativos, que explicassem o comportamento da variável resposta avaliada, em função do aumento na densidade de plantas. Entretanto, os valores médios estimados

foram todos superiores ao exigido pelo padrão comercial, que são espigas maiores que 15 cm (Figura 11) (PAIVA JÚNIOR et al., 2001; ALBUQUERQUE et al., 2008).

Quadro 13 – Resumo da análise de variância conjunta referente ao comprimento médio de espiga (cm) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	1,377214*
Híbrido (H)	1	11,018701 ^{ns}
Ano	1	12,222661 ^{ns}
P x H	4	0,261742 ^{ns}
H x Ano	1	0,040951 ^{ns}
P x Ano	4	0,065789 ^{ns}
P x H x Ano	4	0,200679 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	0,774020 ^{ns}
P / H2 Ano 1	4	0,384155 ^{ns}
P / H1 Ano 2	4	0,464250 ^{ns}
P / H2 Ano 2	4	0,283000 ^{ns}
Bloco/Ano	6	0,130848 ^{ns}
Resíduo	54	0,532938
Média Geral		17,84
C.V. (%)		8,09

*Significativo ($P < 0,05$) e ns – não significativo ($P > 0,05$), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

Embora ocorrido àquele resultado para Tropical Plus, dentro do intervalo entre 40.000 e 100.000 plantas ha^{-1} , notou-se que todos os valores de comprimento de espiga obtidos estão dentro do padrão comercial para milho doce, corroborando com Albuquerque et al. (2008). Devido à maior eficiência das máquinas degranadoras para retirar grãos inteiros das espigas, as indústrias preferem espigas compridas, em torno de 20 cm de comprimento (PEREIRA FILHO et al., 2003). Desta forma, como os valores observados para Tropical Plus variaram entre 19,3 cm e 18,7 cm, pode-se dizer que esses se aproximaram do requisito industrial.

Os resultados obtidos para Tropical Plus, em 2009, assemelham-se aos de Barbieri et al. (2005), que estudando cinco densidades populacionais, variando de 50.000 a 70.000 plantas ha^{-1} , em dois híbridos de milho superdoce, MD2001 e MD2002, verificaram que houve decréscimo de 0,6 cm na variável

resposta avaliada, conforme o aumento gradual de 10.000 plantas ha⁻¹. Entretanto, com o modelo polinomial linear decrescente que obtiveram, foi possível observar que se atingiu o padrão comercial de comprimento de espiga, de acordo com Albuquerque et al. (2008), até aproximadamente 67.033 plantas ha⁻¹, diferindo-se do obtido no presente estudo, no qual até 100.000 plantas por hectare foram observadas espigas maiores que 15 cm. Além disso, o comprimento de espiga variou entre 14,82 a 16,02 cm, ou seja, houve maior distanciamento quanto à exigência industrial, conforme Paiva Júnior et al. (2001).

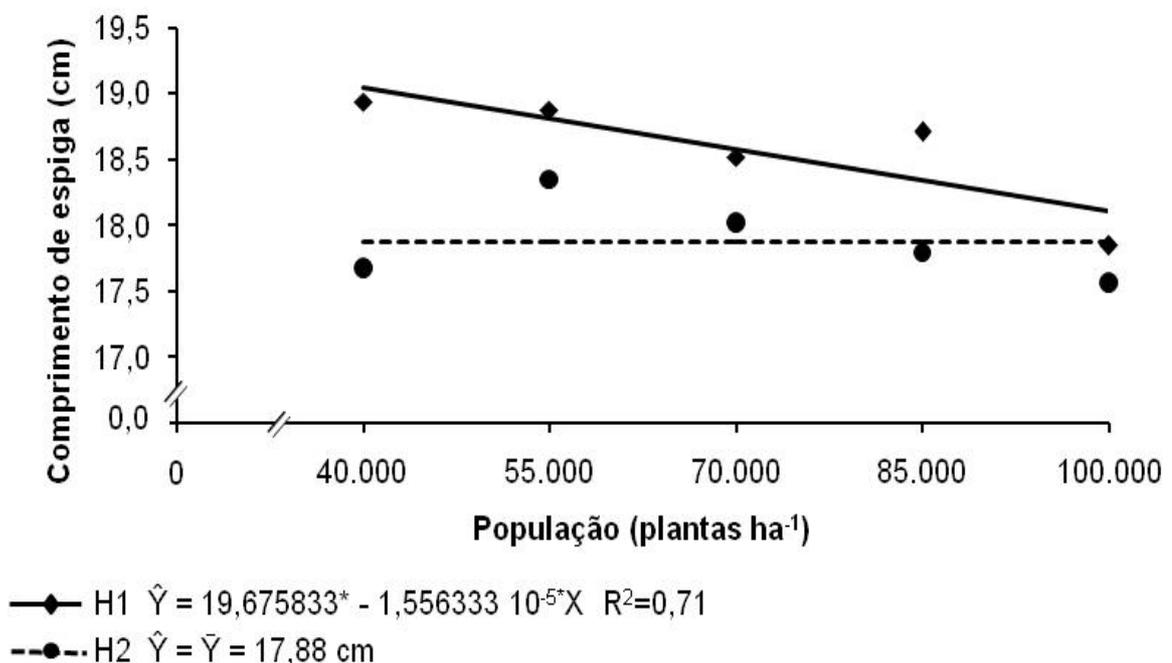


Figura 10 – Comprimento médio de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Comparando-se com os resultados do presente estudo e os de Barbieri et al. (2005), uma maior amplitude de valores dessa variável resposta, entre a menor e a maior população de plantas avaliadas, foi obtida por Rangarajan et al. (2002). Estes autores, estudando o efeito de híbrido de milho doce, em diferentes espaçamentos e populações de plantas, sobre o comprimento de espiga, observaram valores variando de 15,2 a 22,9 cm.

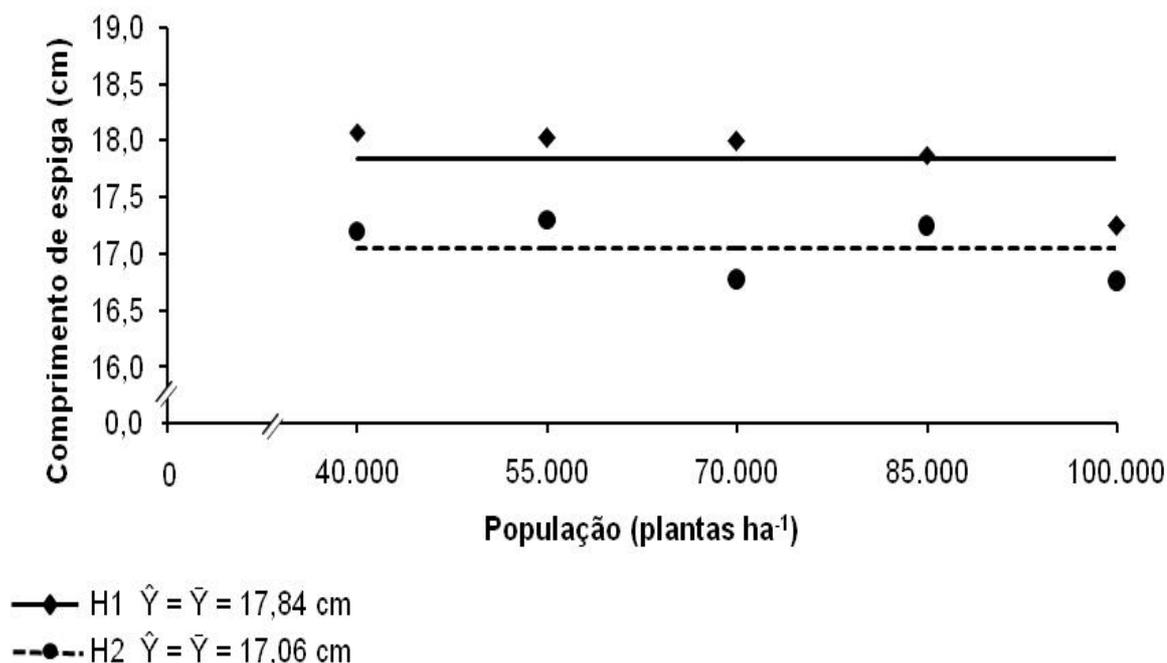


Figura 11 – Comprimento médio de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010.

Resultados que mostraram redução linear da característica avaliada, com o aumento de 30.000 a 60.000 plantas ha⁻¹, para diferentes cultivares de milho verde comum, foram encontrados por Rocha (2008). Entretanto, os decréscimos foram maiores que os do presente estudo, variando de 0,32 a 0,71 cm. Trabalhando com populações entre 50.000 a 90.000 plantas ha⁻¹, Kappes (2010) obteve respostas semelhantes para milho grão comum, assim como Vieira et al. (2010), para milho verde comum, com populações variando entre 35.000 a 95.000 plantas ha⁻¹.

Aumentos significativos nos comprimentos de espiga, em menores populações de plantas, também foram detectados, em genótipos de milho comum, por Palhares (2003), Dourado Neto et al. (2003), Silva et al. (2007), Vieira (2007) e Brachtvogel et al. (2009).

O metabolismo da planta, as produções de substâncias e de tecidos vegetais decrescem com o aumento na densidade populacional. Isto ocorre porque as folhas baixas recebem menor quantidade de radiação solar que as folhas superiores, da mesma planta ou de plantas vizinhas, devido ao sombreamento proporcionado por essas. Os níveis de radiação solar, nas

folhas baixas, ficam abaixo do ponto de compensação fotossintética, tornando-as consumidoras de fotoassimilados e competidoras com os demais órgãos ou drenos da planta. Desta forma, há contribuição para a redução do tamanho das espigas (TAIZ e ZEIGER, 2004; ROCHA, 2008).

Resultados obtidos por Dourado Neto et al. (2003) e Brachtvogel et al. (2009) permitiram associar o decréscimo do comprimento de espiga com a maior competição intra-específica por luz, água e nutrientes, em maiores densidades populacionais (SANGOI e SALVADOR, 1998; ARGENTA et al., 2001a). Entretanto, é necessário destacar que as mudanças fisiológicas, de natureza hormonal, impostas às plantas, influenciam significativamente a redução do comprimento de espiga. Isto ocorre devido ao estímulo à dominância apical, que prioriza o transporte de substâncias, como água, fotoassimilados, fitormônios, assim como os nutrientes, para o crescimento e desenvolvimento do pendão, localizado no ponto de crescimento das plantas, em detrimento das espigas. Estas crescem e se desenvolvem menos, tornando-se, portanto, menores (GARDNER et al., 1985, KASPERBAUER e KARLEN, 1994; SANGOI et al., 2002b).

Não foi possível observar, para comprimento médio de espiga, um comportamento comum quanto às diferenças estatísticas entre os híbridos utilizados, que ocorreram em populações diferentes, em seus respectivos anos agrícolas. Entretanto, em 2009, com 40.000 plantas ha⁻¹, e em 2010, com 70.000 plantas ha⁻¹, os comprimentos de espiga de Tropical Plus foram estatisticamente superiores aos de RB – 6324 (Quadro 14). Essas respostas concordam com o informado pelo “Centro Avançado Syngenta de Atendimento” (itens 3.3.1 e 3.3.2), que reportou que espigas de Tropical Plus (20,5 cm) são maiores que as de RB – 6324 (18,5 cm).

4.3.2. Diâmetro médio de espiga

Na análise de variância conjunta, para diâmetro médio de espiga, todos os fatores testados foram significativos, assim como a interação entre população de plantas e ano agrícola. A interação tripla não apresentou significância. Todavia, desdobrando-se a densidade de plantas dentro dos híbridos e anos agrícolas, embora se tenha observado desdobramento

significativo somente para Tropical Plus em 2009, verificou-se significância na análise de regressão polinomial, para esse componente de produção, e de qualidade para industrialização, em ambos os híbridos utilizados, no ano agrícola de 2009 (Quadro 15) (Figura 12). Já no experimento de 2010, a variável resposta comportou-se de maneira constante, conforme o incremento do número de plantas por área, para Tropical Plus e RB - 6324 (Figura 13).

Quadro 14 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica comprimento médio de espiga (cm)

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	18,94a	17,68b
40.000	2	18,07	17,20
55.000	1	18,88	18,35
55.000	2	18,02	17,30
70.000	1	18,52	18,02
70.000	2	18,00a	16,77b
85.000	1	18,71	17,79
85.000	2	17,87	17,25
100.000	1	17,85	17,57
100.000	2	17,25	16,76

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si (P > 0,05), pelo teste F.

Os coeficientes angulares negativos, encontrados nos modelos polinomiais lineares, do diâmetro de espiga, em função do aumento na população de plantas, no ano de 2009, indicaram redução de 0,05 e 0,04 cm, para Tropical Plus e RB – 6324, respectivamente, por meio do aumento gradual de 10.000 plantas ha⁻¹ (Figura 12).

No ano agrícola de 2009, o comportamento da característica analisada foi semelhante ao observado para comprimento de espiga, no mesmo ano, para Tropical Plus. Desta forma, pode-se inferir que as causas da redução do comprimento de espiga podem ser as mesmas do decréscimo no seu diâmetro.

A menor disponibilidade de recursos do meio para cada planta, com o incremento populacional, decorrente da maior competição entre os indivíduos da lavoura, é acusada como responsável pela formação de espigas menores, segundo Brachtvogel et al. (2009). Todavia, assim como para o comprimento

de espiga, a dominância apical gerada no pendão e que leva à prioridade na drenagem de fotoassimilados e outras substâncias proporciona um menor crescimento e desenvolvimento das espigas, as quais se tornam menores, tanto em comprimento quanto que em diâmetro (SANGOI et al., 2002b).

Quadro 15 – Resumo da análise de variância conjunta referente ao diâmetro médio de espiga (cm) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	0,057084*
Híbrido (H)	1	0,478178*
Ano	1	1,912402*
P x H	4	0,016941 ^{ns}
H x Ano	1	0,000340 ^{ns}
P x Ano	4	0,059807*
P x H x Ano	4	0,002952 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	0,066025*
P / H2 Ano 1	4	0,043528 ^{ns}
P / H1 Ano 2	4	0,003013 ^{ns}
P / H2 Ano 2	4	0,024218 ^{ns}
Bloco/Ano	6	0,060723*
Resíduo	54	0,018979
Média Geral		4,57
C.V. (%)		3,01

*Significativo ($P < 0,05$) e ns – não significativo ($P > 0,05$), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

Este fato é agravado pelo sombreamento das folhas baixas, que se tornam drenos competidores de fotoassimilados, devido à menor quantidade de radiação solar que recebem (TAIZ e ZEIGER, 2004; ROCHA, 2008). Uma menor área foliar fotossinteticamente ativa, com o aumento na densidade de plantas, leva à menor disponibilidade de fotoassimilados para as espigas e para o enchimento de grãos, conforme reportado e explicado por Thomas (1992), Sangoi et al. (2002b), Taiz e Zeiger (2004) e Valentinuz e Tollenaar (2004). Isto pode resultar em espigas com comprimento e diâmetro menores.

A interceptação da radiação solar por área é reduzida em baixas densidades de plantas, mas favorece a interceptação da radiação por planta, que associada à menor competição intra-específica por recursos do meio, parece favorecer o metabolismo celular de cada planta. Isto traz consequências

positivas para a síntese de fotoassimilados em células de diversos tecidos que formam a espiga, aumentando o seu diâmetro. O contrário ocorre em maiores populações de plantas (SANGOI et al., 2001).

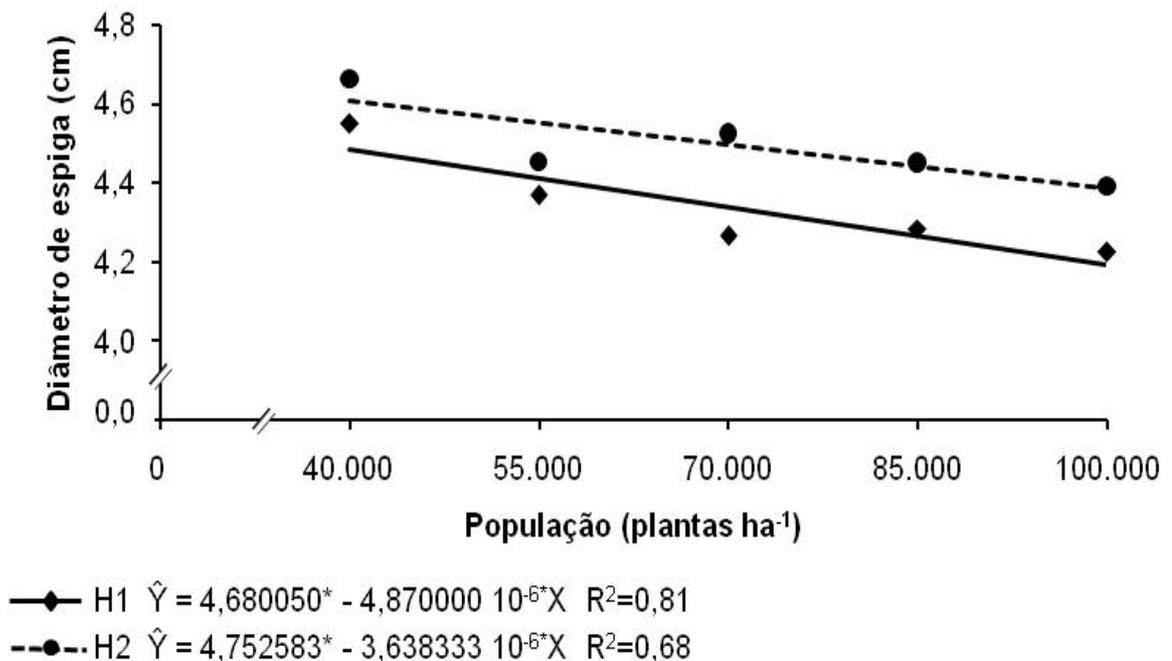


Figura 12 – Diâmetro de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Em 2009, no caso de Tropical Plus, os valores de diâmetro variaram de 4,19 a 4,48 cm, enquanto que para o segundo híbrido, estiveram entre 4,39 cm e 4,61 cm, aproximadamente. Em 2010, a média da variável resposta foi 4,65 e 4,80 cm, para Tropical Plus e RB – 6324, respectivamente. Assim, esses valores permaneceram dentro do padrão comercial para espigas de milho doce, o qual requer espigas com diâmetros maiores que 3 cm, conforme Albuquerque et al. (2008).

Uma redução de 0,09 cm, no diâmetro de espiga, com a adição gradual de 10.000 plantas ha⁻¹, para os híbridos de milho superdoce MD2001 e MD2002, foi constatada, no intervalo entre 50.000 e 70.000 plantas ha⁻¹, por Barbieri et al. (2005), assemelhando-se aos resultados obtidos em 2009, pelo presente estudo. As semelhanças também são observadas quando nota-se que os valores dessa característica estiveram entre 4,9 cm e 4,7 cm,

aproximadamente, permanecendo dentro do padrão comercial para espigas de milho doce, de acordo com Paiva Júnior et al. (2001).

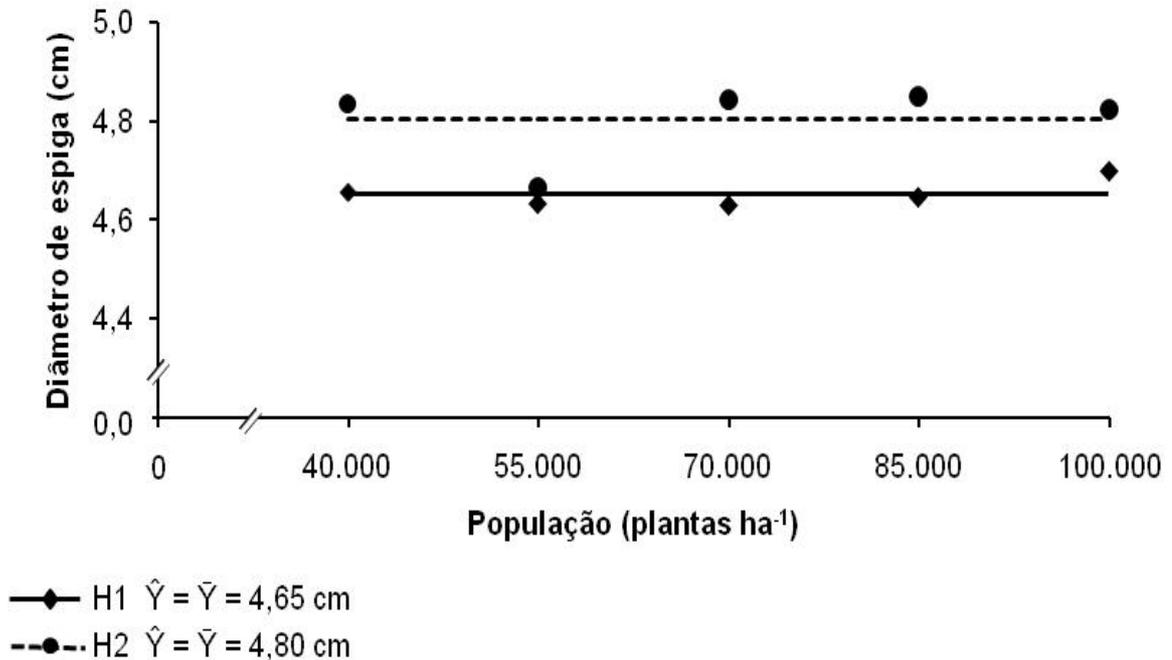


Figura 13 – Diâmetro de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010.

Estudando o efeito de populações de plantas e híbridos de milho verde comum sobre o diâmetro de espiga, Vieira et al. (2010) detectaram resultados semelhantes aos de Barbieri et al. (2005) e aos do presente trabalho em 2009. Para Penta e 30P34, a variável resposta decresceu linearmente conforme o aumento na densidade de plantas, de 35.000 a 95.000 plantas ha⁻¹, porém para DKB 214 e SWB 551 a redução foi quadrática. Brachtvogel et al. (2009) constataram que, para o híbrido comum DOW 2B587, entre 30.000 e 105.000 plantas ha⁻¹, a variação de 10.000 plantas ha⁻¹ provocou o decréscimo de 0,06 cm no diâmetro de espiga.

Reduções lineares do diâmetro de espiga com o incremento na densidade populacional também foram observados por Rocha (2008), em genótipos de milho verde comum, assim como por Lenzi (1992), Marchão et al. (2005) e Kappes (2010), em genótipos de milho grão comum.

Diferença estatística, entre os genótipos utilizados para diâmetro médio de espiga, somente foi observada com 70.000 plantas ha⁻¹, em 2009 e 2010, e 85.000 plantas ha⁻¹, em 2010, sendo a média de RB – 6324 estatisticamente superior à de Tropical Plus. Desta forma, foi possível detectar comportamento semelhante entre os anos agrícolas apenas com a população intermediária de 70.000 plantas ha⁻¹ (Quadro 16). Esses resultados concordam com o reportado pelo “Centro Avançado Syngenta de Atendimento”, que informa que espigas de Tropical Plus apresentam diâmetro menor (5,2 cm) que o de RB – 6324 (5,6 cm) (itens 3.3.1 e 3.3.2), possivelmente, em virtude do comprimento médio de espiga do primeiro híbrido ser maior que o do segundo.

Quadro 16 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica diâmetro médio de espiga (cm)

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	4,55	4,66
40.000	2	4,66	4,83
55.000	1	4,37	4,45
55.000	2	4,63	4,66
70.000	1	4,27b	4,53a
70.000	2	4,63b	4,84a
85.000	1	4,28	4,45
85.000	2	4,64b	4,85a
100.000	1	4,22	4,39
100.000	2	4,70	4,82

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si (P > 0,05), pelo teste F.

4.3.3. Número médio de grãos por fileira de espiga

Não se observou significância dos fatores, de modo isolado, assim como das interações duplas e tripla entre eles, na análise de variância conjunta da característica número médio de grãos por fileira de espiga. Os desdobramentos da população de plantas dentro dos híbridos e anos agrícolas utilizados também não foram significativos (Quadro 17).

No experimento de 2009, para Tropical Plus e RB – 6324, e no experimento de 2010, para RB – 6324, não houve modelo polinomial que

explicasse, de maneira significativa, o comportamento do número de grãos por fileira de espiga, conforme o aumento na densidade de plantas (Figura 14). Entretanto, no ano de 2010, analisando-se o híbrido Tropical Plus, verificou-se aumento linear da característica, de 40.000 a 100.000 plantas ha⁻¹, sendo o acréscimo de 0,42 grão por fileira de espiga a cada variação de 10.000 plantas ha⁻¹ (Figura 15).

Quadro 17 – Resumo da análise de variância conjunta referente ao número médio de grãos por fileira de espiga de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	5,974375 ^{ns}
Híbrido (H)	1	3,698000 ^{ns}
Ano	1	2,380500 ^{ns}
P x H	4	0,851125 ^{ns}
H x Ano	1	1,568000 ^{ns}
P x Ano	4	4,923000 ^{ns}
P x H x Ano	4	1,651750 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	3,477000 ^{ns}
P / H2 Ano 1	4	0,818250 ^{ns}
P / H1 Ano 2	4	6,559250 ^{ns}
P / H2 Ano 2	4	2,545750 ^{ns}
Bloco/Ano	6	3,308833 ^{ns}
Resíduo	54	2,643463
Média Geral		36,39
C.V. (%)		4,47

*Significativo (P<0,05) e ns – não significativo (P>0,05), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

Diferentemente do encontrado para Tropical Plus, no ano de 2010, Marchão et al. (2005) encontraram tendência de redução linear do número de grãos por fileira de espiga, para a maioria dos híbridos de milho comum utilizados, entre a população de 40.000 a 100.000 plantas por ha. Vieira et al. (2010) constataram resultados semelhantes aos de Marchão et al. (2005), em genótipos de milho verde comum, entre 35.000 e 95.000 plantas por hectare, obtendo reduções lineares que variaram de 0,93 a 1,97 grãos por fileira de espiga, dependendo do genótipo. Da mesma maneira, Coors e Mardones (1989), Scheeren et al. (2004), Flesch e Vieira (2004) e Mantine (2008)

obtiveram respostas negativas do número de grãos por fileira, conforme o aumento na densidade de plantas.

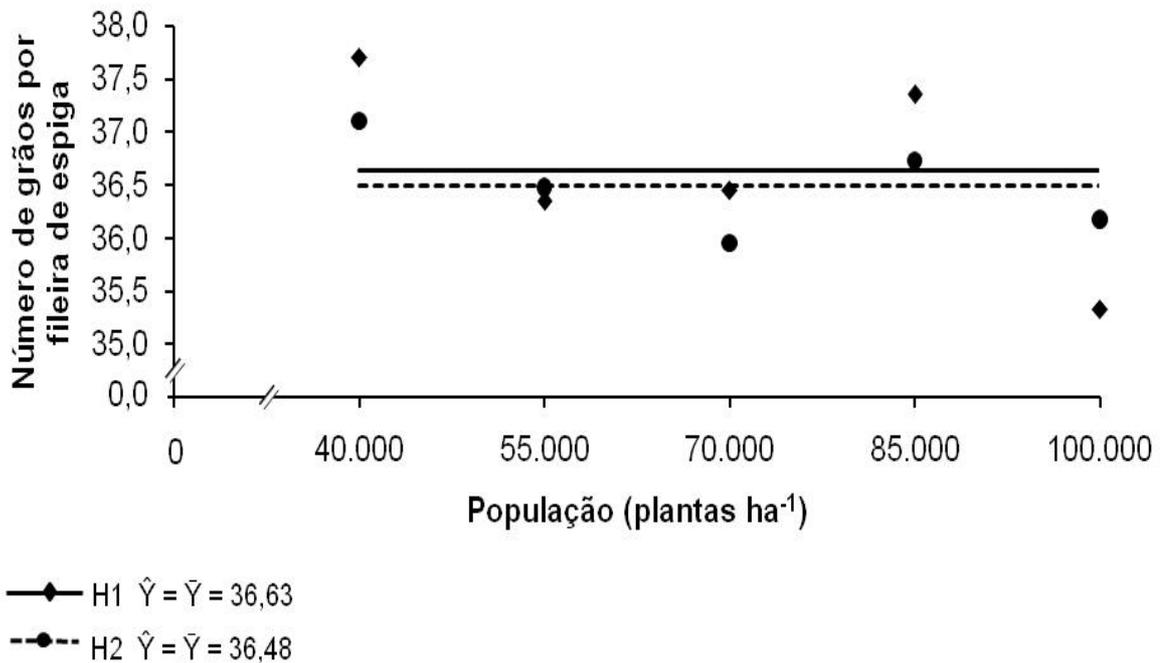
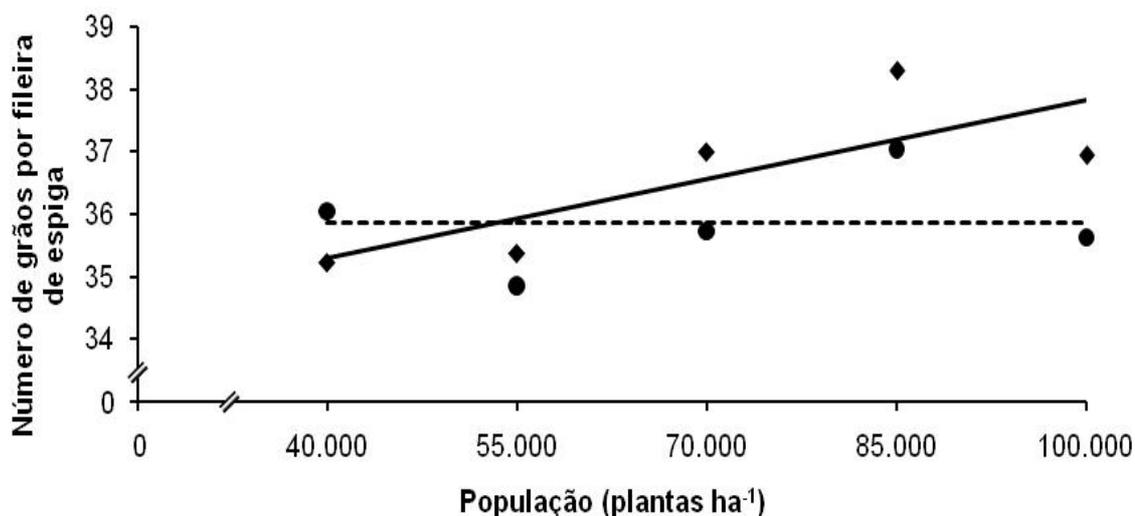


Figura 14 – Número de grãos por fileira de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Em cultivos adensados, pode ocorrer deficiência no suprimento de carbono e nitrogênio para as plantas, devido à maior competição intra-específica por radiação solar incidente, nutrientes e água (ARGENTA et al., 2001a). Desta forma, é possível haver aumento da esterilidade de espigas, assim como redução do número de grãos por espiga e massa dos grãos. Isto ocorre devido ao menor desenvolvimento dos grãos, especialmente na parte superior da espiga, que, na maioria das vezes, não se desenvolve, ainda que tenha havido fertilização regular dos óvulos (SANGOI, 2001). A dominância apical gerada pelas mudanças fisiológicas, causadas pelo incremento populacional, que leva ao aumento do período alométrico, também pode levar a uma maior esterilidade de espigas e, conseqüentemente, a um menor número de grãos por fileira de espiga, devido ao menor número de óvulos fertilizados (SANGOI et al., 2002b).



—◆— H1 $\hat{Y} = 33,594999* + 4,250000 \cdot 10^{-5} \cdot X$ $R^2=0,62$

-●- H2 $\hat{Y} = \bar{Y} = 35,86$

Figura 15 – Número de grãos por fileira de espiga dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

É possível observar que no ano de 2010, para Tropical Plus, não ocorreu efeito negativo do aumento na densidade populacional sobre o número de grãos por fileira de espiga. Pelo contrário, houve efeito positivo. Considerando-se que não houve efeito de população de plantas sobre o comprimento e diâmetro de espiga (Figuras 11 e 13), no ano de 2010, em ambos os híbridos utilizados, é válido dizer que, possivelmente, condições ambientais favoráveis que ocorreram, especialmente na fase crítica de quinze dias antes e depois do pendoamento (Figura 1) (MAGALHÃES et al., 1995; BOLAÑOS E EDMEADES, 1996; FIGUEREDO JÚNIOR, 2004; ALMEIDA, 2007), amenizaram o efeito negativo do incremento populacional, mesmo com as modificações fisiológicas ocorridas. Isto, provavelmente, provocou aumento no número de grãos por fileira de espiga.

Nas condições expostas anteriormente, o aumento linear do índice de área foliar (Figura 9) foi favorável à otimização da interceptação da radiação solar, assim como à conversão desta em energia de fotoassimilados (OLIVEIRA et al., 1993; COX, 1996; ALMEIDA et al., 2000).

Da mesma maneira que para altura média de plantas, para número médio de grãos por fileira de espiga, não houve diferença estatística entre os híbridos utilizados, em ambos os anos agrícolas avaliados (Quadro 18).

Quadro 18 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica número de grãos por fileira de espiga

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	37,70	37,10
40.000	2	35,22	36,05
55.000	1	36,35	36,47
55.000	2	35,37	34,85
70.000	1	36,45	35,95
70.000	2	37,00	35,72
85.000	1	37,35	36,72
85.000	2	38,30	37,05
100.000	1	35,32	36,17
100.000	2	36,95	35,62

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si (P > 0,05), pelo teste F.

4.3.4. Massa média de espiga despalhada

Na análise de variância conjunta, para massa média de espiga despalhada, verificou-se significância para o fator ano agrícola, assim como para a interação entre população de plantas e ano agrícola. Tanto a interação tripla, quanto os desdobramentos da densidade populacional dentro dos híbridos e anos agrícolas, foram não significativos. Entretanto, nos dois experimentos, para Tropical Plus, houve coeficientes de regressão significativos, que explicassem, por meio de modelos polinomiais, o comportamento da característica, em função do aumento na população de plantas. O mesmo não foi notado para RB – 6324, em ambos os anos agrícolas (Quadro 19) (Figuras 16 e 17).

Em 2009, a massa de espiga de Tropical Plus aumentou de 40.000 plantas ha⁻¹ até 71.371 plantas ha⁻¹, onde foi encontrado o máximo valor da variável resposta (200,46 g), decrescendo, posteriormente, até 100.000 plantas por hectare (Figura 16). Já no ano de 2010, para o mesmo híbrido, o aumento

de 10.000 plantas ha⁻¹ proporcionou decréscimo linear de 5,61 g na massa de espiga (Figura 17).

Quadro 19 – Resumo da análise de variância conjunta referente à massa média de espiga despalhada (g) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	6044,617688 ^{ns}
Híbrido (H)	1	17231,385125 ^{ns}
Ano	1	639156,381125*
P x H	4	15812,496688 ^{ns}
H x Ano	1	27376,300125 ^{ns}
P x Ano	4	38947,087688*
P x H x Ano	4	5867,674188 ^{ns}
P / H1 x Ano 1	4	17652,950000 ^{ns}
P / H2 x Ano 1	4	16419,000000 ^{ns}
P / H1 x Ano 2	4	23855,312000 ^{ns}
P / H2 x Ano 2	4	8744,614250 ^{ns}
Bloco/Ano	6	76035,022958 ^{ns}
Resíduo	54	10782,723421
Média Geral		212,99
C.V. (%)		9,75

*Significativo (P<0,05) e ns – não significativo (P>0,05), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

A resposta quadrática, obtida em 2009 para Tropical Plus, é semelhante ao comportamento da produtividade, em função do incremento populacional, conforme observado por diferente autores, como Sangoi et al. (2000), Demétrio et al. (2008), Brachtvogel et al. (2009), Sangoi et al. (2009), Kvitschal et al. (2010) e Silva et al. (2010). Assim, da mesma maneira que para a produtividade, a associação entre aumento do índice de área foliar (Figura 8) com uma menor área foliar, maior taxa de evapotranspiração e menor eficiência de conversão da luz solar em energia de fotoassimilados, fez com que a massa de espiga aumenta-se até um determinado ponto, com o aumento na densidade de plantas, decrescendo, posteriormente (OLIVEIRA et al., 1993; COX, 1996; ALMEIDA et al., 2000).

A redução da massa de espiga, de 71.371 a 100.000 plantas ha⁻¹, em 2009, assim como o decréscimo linear da característica, de 40.000 a 100.000 plantas ha⁻¹, em 2010, observados para Tropical Plus (Figuras 16 e 17), pode

também estar relacionada a outros fatores de natureza fisiológica. O aumento da competição intra-específica, assim como a dominância apical, proporcionados pelo incremento na densidade populacional, impõem mudanças fisiológicas às plantas, que levam a um menor desenvolvimento das espigas (GARDNER et al., 1985, KASPERBAUER e KARLEN, 1994; SANGOI e SALVADOR, 1998; ARGENTA et al., 2001a; SANGOI et al., 2002b).

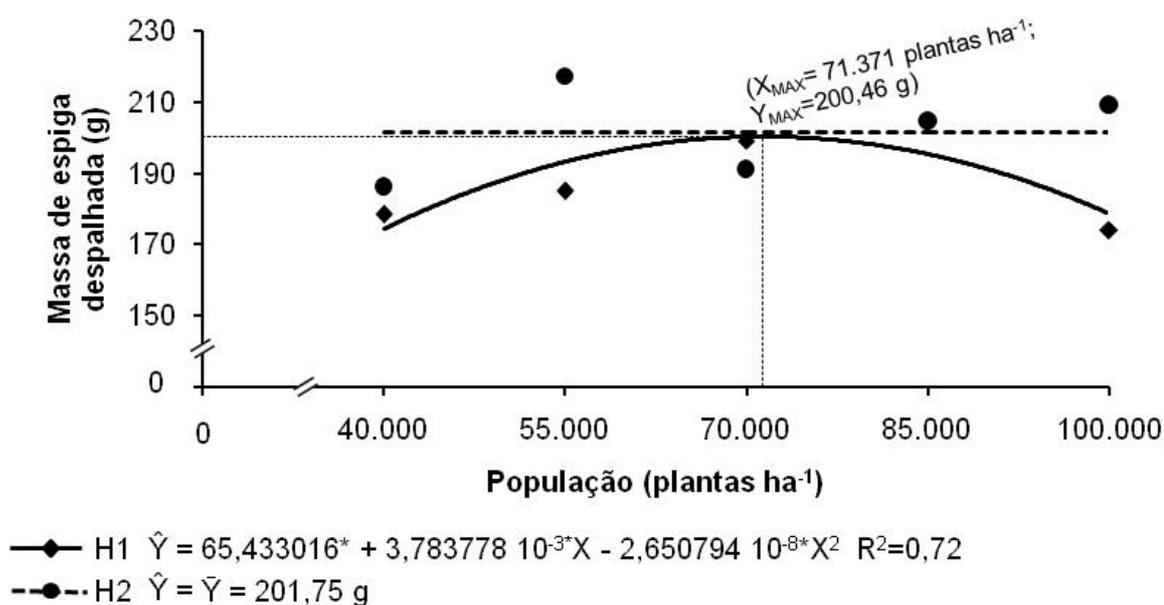


Figura 16 – Massa média de espiga despilhada dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

No caso do experimento de 2009, espigas de menor comprimento (Figura 10) (PALHARES, 2003; SILVA et al., 2007) e de menor diâmetro (Figura 12) (BARBIERI et al., 2005; VIEIRA et al.; 2010) também podem ter levado a uma menor massa de espiga. O mesmo não se aplica ao experimento de 2010, no qual não se detectou efeito da população sobre o comprimento e diâmetro de espiga (Figuras 11 e 13). Entretanto, possivelmente, tanto em 2009 quanto em 2010, grãos menores, isto é, com menor profundidade e largura (BARBIERI et al., 2005; ROCHA, 2008), podem ter levado a uma redução da massa de espiga.

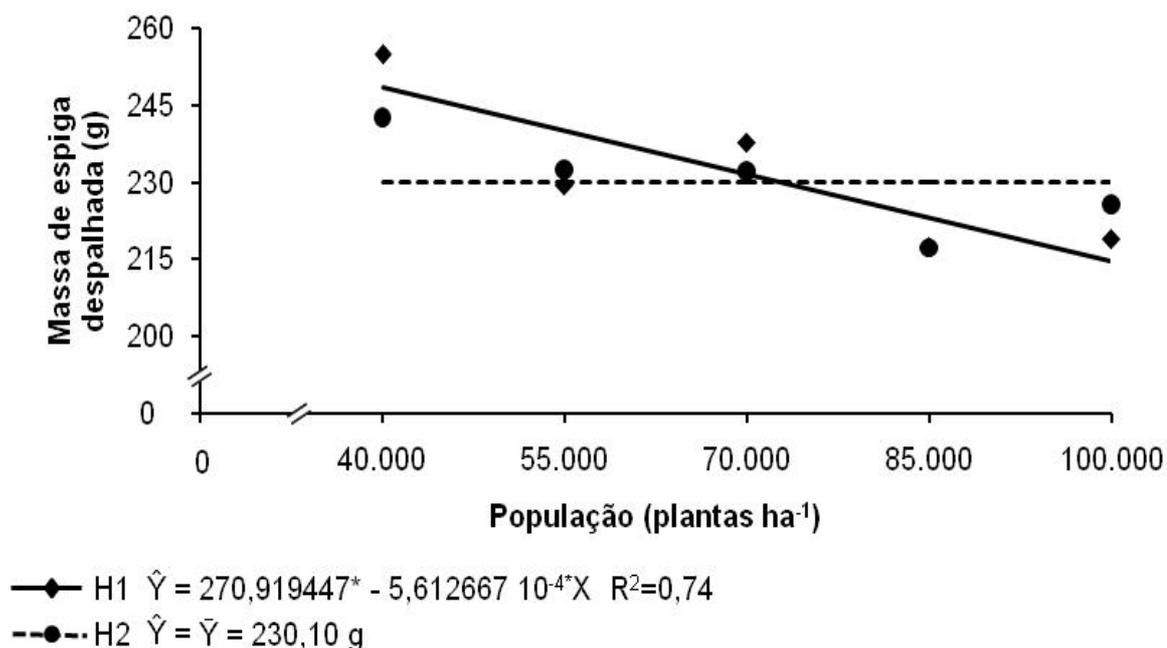


Figura 17 – Massa média de espiga despalhada dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

A redução da massa de grãos, com o aumento na população de plantas (DOURADO NETO et al., 2003; FLESCHE e VIEIRA, 2004; PIANA et al., 2008), também pode ter sido responsável pela redução da massa de espiga. Isto ocorre porque o aumento da competição intra-específica, assim como a dominância apical do pendão sobre a espiga, faz com que a disponibilidade de carboidratos por unidade de grão decresça linearmente com o aumento da população de plantas (SANGOI, 2001).

Para os genótipos de milho verde comum 30P34, DKB 214 e SWB 551, Vieira et al. (2010) encontraram tendência de redução quadrática da massa fresca de espiga, assim como redução linear da característica, para o genótipo Penta, com o incremento de 35.000 a 95.000 plantas ha⁻¹. Desta forma, concordaram com os resultados do presente estudo para Tropical Plus em 2010, entretanto, diferenciaram-se dos resultados encontrados para Tropical Plus em 2009. Isto ocorreu pelo fato de Vieira et al. (2010) terem obtido pontos de mínima massa de espiga na máxima densidade de plantas utilizada, enquanto o presente trabalho obteve um ponto de máxima em uma população intermediária testada.

Em diferentes cultivares de milho verde, Rocha (2008) observou comportamento quadrático semelhante ao obtido para Tropical Plus em 2009, entre 30.000 a 60.000 plantas ha⁻¹, quanto à massa de espiga despilhada por área, concordando com o reportado por Cruz e Pereira Filho (2003). Semelhanças também foram encontradas com a resposta de Tropical Plus em 2010, quanto à massa de espiga despilhada por planta, observando-se reduções lineares da característica com o aumento na densidade de plantas. Diferentemente, segundo trabalho realizado por Borghi et al. (2004), o aumento da densidade populacional, na cultura do milho comum, proporcionou espigas mais pesadas.

Avaliando-se o efeito dos híbridos sobre a massa média de espiga despilhada, observou-se diferença estatística, entre genótipos, somente no ano de 2009, nas populações de 55.000 e 100.000 plantas ha⁻¹. Em ambos os casos, o híbrido Tropical Plus apresentou espigas estatisticamente mais leves que as do híbrido RB – 6324 (Quadro 20). Na população mais alta, isto é indício de que Tropical Plus pode ser mais susceptível ao efeito negativo do aumento populacional, decorrente das mudanças fisiológicas impostas às plantas, quanto à característica massa média de espiga despilhada.

Quadro 20 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica massa média de espiga despilhada (g)

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	178,60	186,30
40.000	2	254,97	242,57
55.000	1	185,25b	217,30a
55.000	2	229,32	232,58
70.000	1	199,35	191,20
70.000	2	237,67	232,29
85.000	1	205,05	204,70
85.000	2	217,31	217,25
100.000	1	174,15b	209,25a
100.000	2	218,88	225,82

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si (P > 0,05), pelo teste F.

4.3.5. Produtividade média total de espigas despalhadas

Na análise de variância conjunta, para produtividade média total de espigas despalhadas, todos os fatores testados, isoladamente, assim como a interação entre população de plantas e ano agrícola, foram significativos. O desdobramento dos híbridos dentro dos anos agrícolas utilizados (Quadro 21) não apresentou significância, entretanto, foi possível observar que, para Tropical Plus e RB – 6324, as produtividades foram estatisticamente superiores no ano de 2010, quando comparadas às obtidas no ano de 2009 (Quadro 22).

Quadro 21 – Resumo da análise de variância conjunta referente à produtividade média total de espigas despalhadas ($t\ ha^{-1}$) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	6,260141*
Híbrido (H)	1	5,206081*
Ano	1	20,323296*
P x H	4	0,036673 ^{ns}
H x Ano	1	0,046080 ^{ns}
P x Ano	4	1,259933*
P x H x Ano	4	0,388806 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	1,071902*
P / H2 Ano 1	4	1,772776*
P / H1 Ano 2	4	3,317826*
P / H2 Ano 2	4	1,783050*
Bloco/Ano	6	0,485435 ^{ns}
Resíduo	54	0,306031
Média Geral		8,76
C.V. (%)		12,63

*Significativo ($P < 0,05$) e ns – não significativo ($P > 0,05$), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

Provavelmente, esta diferença ocorreu devido às melhores condições climáticas de 2010, em termos de temperatura e precipitação pluvial, predominantes no período crítico de quinze dias antes e depois do pendoamento (VT), que é um dos principais fatores determinantes da produtividade final (Figura 1) (MAGALHÃES et al., 1995; BOLAÑOS E EDMEADES, 1996; FIGUEREDO JÚNIOR, 2004; ALMEIDA, 2007).

Quadro 22 - Desdobramento do efeito dos anos agrícolas dentro dos híbridos de milho doce utilizados referente à característica produtividade média total de espigas despalhadas ($t\ ha^{-1}$)

Ano agrícola	Híbridos	
	Tropical Plus	RB – 6324
2009	7,28b	9,20b
2010	8,22a	10,32a

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste F.

Nesta mesma fase, no ano de 2009, verificou-se que na primeira semana de novembro, ou na décima semana após a instalação do experimento, ocorreu um período caracterizado por ausência de chuvas e temperaturas elevadas ($>30^{\circ}C$) (Figura 1). Embora o fornecimento suplementar de água tenha superado o problema da falta de precipitação pluvial, as temperaturas altas podem ter prejudicado o período de polinização e fertilização de óvulos, uma vez que esse período crítico necessita de temperaturas em torno de $25^{\circ}C$ (PASCALE, 1953). A baixa viabilidade do grão de pólen em ambientes de baixa umidade do ar (BUITINK et al., 1996), que possivelmente ocorreu na primeira semana de novembro, também pode ter sido uma das responsáveis pela menor produtividade no ano de 2009.

Embora a interação entre fatores tenha sido não significativa, os desdobramentos da densidade populacional dentro de ambos os híbridos e anos agrícolas utilizados foram significativos (Quadro 21). Para estes desdobramentos, a análise de regressão apresentou modelos polinomiais que explicaram a variável resposta, significativamente, em função do aumento na densidade de plantas (Figuras 18 e 19).

No primeiro ano, notou-se, tanto para Tropical Plus quanto para RB – 6324, que houve tendência de aumento linear da produtividade total de espigas despalhadas, conforme o incremento do número de plantas por unidade de área. A cada 10.000 plantas ha^{-1} adicionadas à lavoura de milho doce, observou-se acréscimo de 0,38 e 0,56 $t\ ha^{-1}$, para o primeiro e segundo híbrido, respectivamente (Figura 18). Comportamento semelhante foi constatado para os mesmos híbridos, no ano de 2010, entretanto, ao invés de um aumento linear, notou-se aumento quadrático do componente de produção, por meio do incremento na densidade populacional. Esse aumento quadrático ocorreu a

partir dos mínimos valores observados, de 7,78 e 9,32 t ha⁻¹, em 51.848 e 57.648 plantas ha⁻¹, para Tropical Plus e RB – 6324, respectivamente, até 100.000 plantas ha⁻¹ (Figura 19).

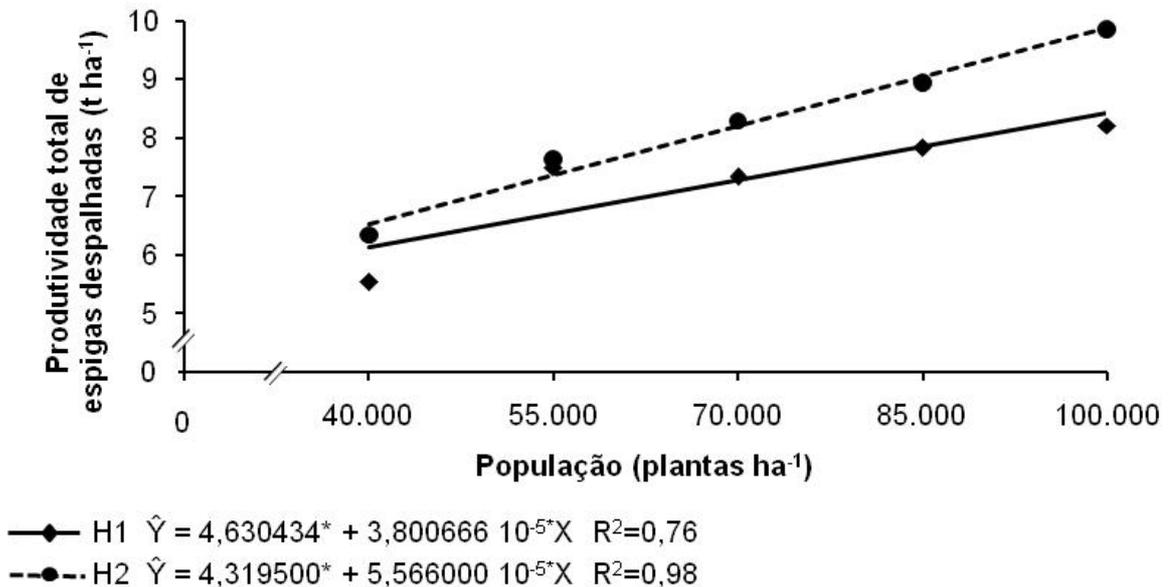


Figura 18 – Produtividade média total de espigas despalhadas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Desta forma, embora tenha ocorrido diferença de produtividade total de espigas despalhadas, entre os anos de 2009 e 2010, em ambos os híbridos utilizados, e devido às razões climáticas explicadas anteriormente, alguns fatores não permitiram que o aumento da densidade populacional afetasse negativamente esse componente de produção, nos dois experimentos realizados. Entre esses fatores, pode-se destacar o fornecimento de água suplementar, através da irrigação, uma adubação adequada, assim como temperaturas adequadas e chuvas regulares (Figura 1), de maneira geral, que ocorreram durante todo o período experimental.

Uma provável redução da produtividade, com o aumento da densidade populacional, poderia ter ocorrido devido às seguintes razões: um maior índice de área foliar, associado a uma menor área foliar e a uma maior taxa de evapotranspiração (OLIVEIRA et al., 1993; COX, 1996; ALMEIDA et al., 2000); dominância apical do pendão sobre a espiga, assim como a menor

fotooxidação da auxina no ponto de crescimento das plantas (GARDNER et al., 1985, KASPERBAUER e KARLEN, 1994; SANGOI e SALVADOR, 1998; ARGENTA et al., 2001a; SANGOI et al., 2002b); e espigas com tamanhos menores (PALHARES, 2003; BARBIERI et al., 2005; SILVA et al., 2007; VIEIRA et al., 2010), mal granadas (SANGOI et al., 2002b), e com menor massa (ROCHA, 2008; VIEIRA et al., 2010).

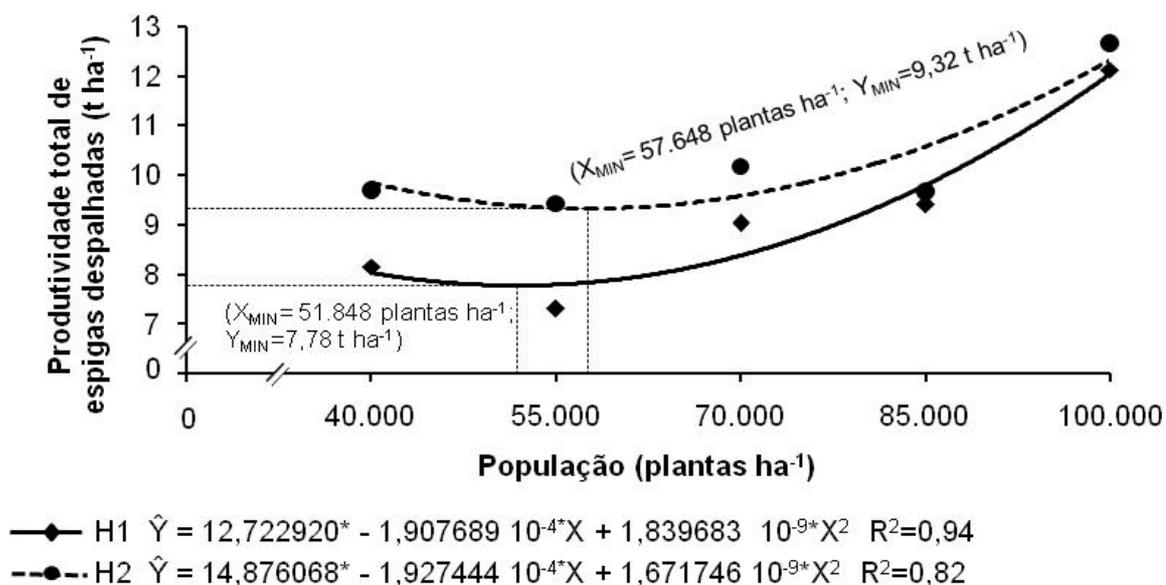


Figura 19 – Produtividade média total de espigas despalhadas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Todavia, ainda que fosse esperado um efeito negativo, este não foi constatado no presente trabalho. Neste caso, o aumento linear do índice de área foliar (Figuras 8 e 9), associado às condições climáticas, adubação adequada (Figura 1) e irrigação, pode ter contribuído para que ocorresse maximização da interceptação da radiação solar, assim como otimização da conversão desta em energia de fotoassimilados, que resultou em aumento da produtividade total de espigas despalhadas, conforme o incremento populacional. É necessário destacar que, no ano agrícola de 2009, embora tenha sido observado efeito negativo do incremento populacional sobre o comprimento (Figura 10) e diâmetro de espiga (Figura 12), estes estiveram

dentro do padrão comercial, para todo o intervalo de populações utilizado, conforme Albuquerque et al. (2008).

O milho doce apresenta baixa plasticidade produtiva, ou seja, não possui capacidade de compensar a produtividade em menor número de plantas por área (BARBIERI et al., 2005). Desta forma, quando se deseja uma maior produtividade de milho doce, um maior número de plantas por área deve ser utilizado, para haver compensação no rendimento, assim como relatado para milho comum (ARGENTA et al., 2001b; FLESH e VIEIRA, 2004; BRACHTVOGEL et al., 2009). Este fato, associado, de modo geral, às boas condições climáticas (SANGOI et al., 2001; KVITSCHAL et al., 2010) (Figura 1), além da adequada irrigação e fertilização do solo, pode ter proporcionado aumento linear (Figura 18) e quadrático (Figura 19) da produtividade de espigas, com o aumento na densidade de plantas.

No espaçamento de 0,90 m e híbrido de milho comum DKB 234, Kvitschal et al. (2010) observaram que o comportamento da produtividade de grãos, em função da população de plantas, foi linear crescente, considerando-se o segundo ano agrícola avaliado. Segundo os autores, essa resposta, provavelmente, deveu-se às condições ambientais favoráveis ocorridas no segundo ano agrícola, conforme discutido por Sangoi et al. (2001). Da mesma forma que Kvitschal et al. (2010), Silva et al. (2010) constataram, para o híbrido de milho comum D 2B587, em condições de irrigação, incremento linear de 0,6 t ha⁻¹ a cada 10.000 plantas ha⁻¹ adicionadas à lavoura. Esses resultados são semelhantes aos do presente estudo.

Semelhanças também são observadas nos resultados obtidos por Strieder et al. (2007), nos quais a maior parte das respostas encontradas com o aumento na população de plantas foi linear crescente, entre 45.000 e 90.000 plantas ha⁻¹, demonstrando ser possível incrementar o rendimento de grãos de híbridos de milho comum com o uso de densidades superiores. Entretanto, Silva et al. (1999) advertem que populações maiores que 80.000 plantas ha⁻¹ somente devem ser utilizadas em condições de alta tecnologia, sem restrições hídricas e de fertilizantes.

Em dois híbridos de milho super doce, MD2001 e MD2002, Barbieri et al. (2005) encontraram semelhanças com os resultados do presente trabalho, uma vez que testando populações entre 50.000 a 70.000 plantas ha⁻¹,

encontraram aumento linear da produtividade. Não atingiram, desta forma, o ponto crítico, a partir do qual responderia negativamente ao aumento da população.

Diversos outros autores também constataram rendimentos máximos com maiores populações de plantas, assemelhando-se aos resultados do presente estudo. Silva et al. (2010), para o híbrido de milho comum NB 4214, no intervalo entre 55.000 e 110.000 plantas ha⁻¹, obtiveram máxima produtividade com 91.000 plantas ha⁻¹. Na faixa de populações entre 25.000 e 125.000 plantas ha⁻¹, Sangoi et al. (2005) encontraram as maiores produtividades com 103.132 e 110.362 plantas ha⁻¹, para os híbridos de milho comum Ag 303 e Speed, respectivamente.

Os híbridos de milho superdoce utilizados no presente trabalho apresentam ciclo precoce. Segundo Brachtvogel et al. (2009), os híbridos precoces ou superprecoces respondem de maneira positiva ao adensamento de plantas, pois geralmente possuem menores estatura, tamanho de folhas, área foliar por planta e sombreamento do dossel da cultura. Híbridos precoces apresentam menor desenvolvimento vegetativo e menor área foliar por planta do que híbridos tardios (ARGENTA et al., 2001b; SANGOI, 2001).

Considerando o exposto anteriormente, é válido afirmar que nas condições em que foi desenvolvido o presente estudo, especialmente devido à utilização de maior espaçamento (0,90 m) entre linhas, possivelmente, a precocidade dos híbridos não proporcionou sombreamento intra-específico suficiente, que fosse capaz de afetar negativamente o rendimento total de espigas despalhadas.

Híbridos de milho precoces, associados às baixas densidades populacionais, resultam em redução do rendimento de grãos de milho comum, em função da menor capacidade de acumular fotoassimilados, conforme constatado em pesquisa realizada por Sangoi et al. (2005). Desta forma, o uso de híbridos mais precoces, pelo presente trabalho e por Strieder et al. (2007), proporcionou aumento da produtividade com o aumento da densidade populacional.

A época de semeadura ideal para milho, como safra de “verão”, varia de 11 de setembro a 20 de novembro, sendo semeaduras antecipadas consideradas precoces (CARAMORI et al., 1999). Desta forma, em ambos os

anos agrícolas utilizados no presente estudo, a semeadura pode ser considerada precoce, especialmente no ano de 2009.

Nas semeaduras precoces podem ser requeridas maiores densidades de plantas, como estratégia para compensar o menor desenvolvimento vegetativo da planta, devido às menores disponibilidades térmicas e de radiação solar durante o período vegetativo (PIANA et al., 2008). Desta forma, é possível constatar que, no presente trabalho, a época de semeadura precoce, possivelmente, auxiliou no aumento da produtividade total de espigas despalhadas, com o aumento da população de plantas, especialmente em virtude dos ciclos dos híbridos utilizados também serem precoces. Em condições de milho comum irrigado e semeadura precoce, Silva et al. (2010) obtiveram respostas semelhantes.

Os resultados apresentados pelo presente trabalho indicam que os híbridos precoces e atuais de milho doce, Tropical Plus e RB – 6324, quando submetidos às condições ambientais favoráveis, em semeadura precoce, podem aumentar o rendimento total de espigas despalhadas, com o aumento da população de plantas. Isto é, as exigências são maiores em situações de aumento populacional.

No primeiro ano agrícola trabalhado por Kvitschal et al. (2010), observou-se comportamento quadrático da produtividade de grãos, do híbrido de milho comum DKB 234, com o aumento de 45.000 a 90.000 plantas ha⁻¹, sendo o máximo rendimento encontrado com 69.017 plantas ha⁻¹. O mesmo foi obtido para DKB 214, também no primeiro ano, sendo a maior produtividade obtida com 70.246 plantas ha⁻¹. Comportamento quadrático semelhante foi detectado por Brachtvogel et al. (2009), que no intervalo entre 30.000 a 105.000 plantas ha⁻¹, constataram máximo rendimento com 67.167 plantas por hectare, para o híbrido de milho comum DOW 2B587.

Rendimentos máximos também foram encontrados por Sangoi et al. (2009), sendo de 86.665 e 85.000 plantas ha⁻¹, para os híbridos de milho comum P 30F53 e SCS 154, respectivamente, entre 25.000 e 125.000 plantas ha⁻¹. Respostas quadráticas com máximos rendimentos de grãos, para milho comum, foram encontradas, de modo similar, por Flesch e Vieira (2004) e Demétrio (2008). Desta forma, os resultados desses autores não concordaram com os resultados do presente trabalho.

No ano de 2009, os híbridos de milho doce apresentaram diferença estatística entre si com 100.000 plantas ha⁻¹. Entretanto, essa também ocorreu em 2010, com 55.000 plantas ha⁻¹. Em todos os casos, a produtividade média total de espigas despalhadas de RB - 6324 foi estatisticamente superior a de Tropical Plus. Isto concorda com o informado pelo “Centro Avançado Syngenta de Atendimento”, de que o primeiro híbrido apresenta potencial produtivo maior (20,0 t ha⁻¹) que o do segundo híbrido (17,5 t ha⁻¹) (itens 3.3.1 e 3.3.2). Entretanto, ambos os híbridos apresentaram rendimentos muito abaixo dos potenciais produtivos reportados para cada um deles. A menor produtividade de Tropical Plus com 100.000 plantas ha⁻¹ indica que, possivelmente, este híbrido esteve mais sujeito aos efeitos fisiológicos negativos do aumento na densidade de plantas (Quadro 23).

Quadro 23 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica produtividade média total de espigas despalhadas (t ha⁻¹)

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	5,54	6,34
40.000	2	8,16	9,70
55.000	1	7,50	7,64
55.000	2	7,32b	9,42a
70.000	1	7,34	8,28
70.000	2	9,04	10,18
85.000	1	7,84	8,96
85.000	2	9,40	9,68
100.000	1	8,22b	9,86a
100.000	2	12,12	12,66

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si (P > 0,05), pelo teste F.

4.3.6. Produtividade média de espigas comerciais despalhadas

Nos resultados da análise de variância conjunta, para produtividade média de espigas comerciais despalhadas, os fatores densidade populacional e ano agrícola e a interação entre população de plantas e ano agrícola foram significativos, ao contrário da interação tripla. Entretanto, observou-se

significância nos desdobramentos da densidade populacional dentro de RB - 6324, no ano agrícola de 2009, e dentro de ambos os híbridos utilizados, no ano agrícola de 2010 (Quadro 24). Ainda que ocorridos estes resultados, para Tropical Plus, em 2010, e RB – 6324, em 2009 e 2010, houve ajuste significativo de modelos polinomiais, por meio da análise de regressão, que explicaram o comportamento da característica, em função do aumento na população de plantas (Figuras 20 e 21).

Quadro 24 – Resumo da análise de variância conjunta referente à produtividade média de espigas comerciais despalhadas ($t\ ha^{-1}$) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	3,830118*
Híbrido (H)	1	6,186613*
Ano	1	0,481586 ^{ns}
P x H	4	0,122811 ^{ns}
H x Ano	1	0,064468 ^{ns}
P x Ano	4	1,045646*
P x H x Ano	4	0,263751 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	0,690203 ^{ns}
P / H2 Ano 1	4	0,911141*
P / H1 Ano 2	4	2,479573*
P / H2 Ano 2	4	1,181409*
Bloco/Ano	6	0,263716 ^{ns}
Resíduo	54	0,318014
Média Geral		6,36
C.V. (%)		17,71

*Significativo ($P < 0,05$) e ns – não significativo ($P > 0,05$), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

Diferentemente do verificado para produtividade média total de espigas despalhadas, para as espigas comerciais sem palha, o rendimento não apresentou diferenças estatísticas entre os anos agrícolas, tanto para Tropical Plus quanto para RB – 6324 (Quadro 25). Desta forma, as ocorrências climáticas no período crítico de quinze dias antes e depois do pendoamento, que, possivelmente, proporcionaram as diferenças para produtividade total, entre 2009 e 2010, não exerceram o mesmo efeito para rendimento médio de espigas comerciais despalhadas.

Quadro 25 - Desdobramento do efeito dos anos agrícolas dentro dos híbridos de milho doce utilizados referente à característica produtividade média de espigas comerciais despalhadas ($t\ ha^{-1}$)

Ano agrícola	Híbridos	
	Tropical Plus	RB – 6324
2009	5,72	6,72
2010	5,90	7,14

Médias seguidas por letras distintas na coluna diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste F.

No primeiro ano agrícola, para RB - 6324, o comportamento da produtividade média de espigas comerciais despalhadas foi semelhante ao total de espigas sem palha, isto é, a variável resposta cresceu linearmente, conforme o aumento na densidade populacional. Ocorreu um acréscimo de $0,38\ t\ ha^{-1}$ a cada $10.000\ plantas\ ha^{-1}$ adicionadas à lavoura de milho doce (Figura 20).

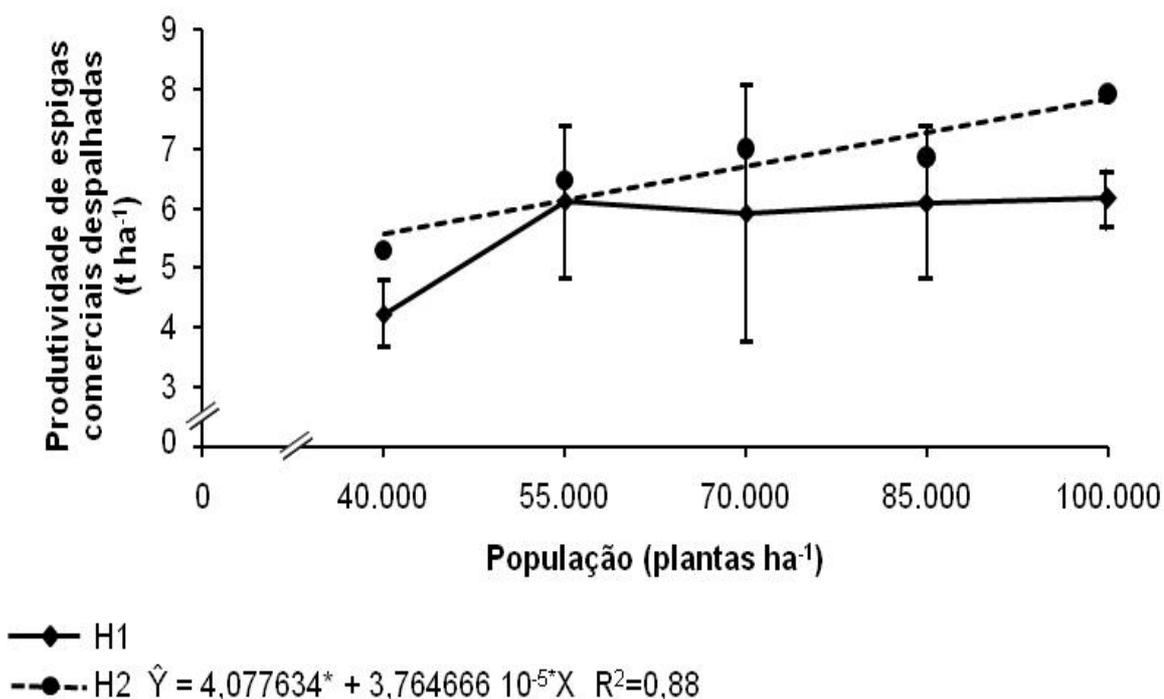


Figura 20 – Produtividade média de espigas comerciais despalhadas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Não houve ajuste significativo de modelos lineares e não-lineares para Tropical Plus, no primeiro ano agrícola. Entretanto, foi possível observar, por meio da estatística descritiva, que com 55.000 plantas ha⁻¹, aproximadamente, ocorreu estabilização do rendimento médio de espigas comerciais despalhadas, em torno de 6 t ha⁻¹ (Figura 20).

Em 2010, a tendência de aumento do componente de produção, em função do incremento na população de plantas, também foi semelhante ao do rendimento total, sendo que, para Tropical Plus, a resposta foi linear, todavia, para RB – 6324, a resposta foi quadrática. Para o primeiro híbrido, a cada variação de 10.000 plantas ha⁻¹ houve acréscimo de 0,60 t ha⁻¹ na produtividade de espigas comerciais despalhadas, enquanto que, para o segundo híbrido, notou-se aumento quadrático da característica, de 58.616 plantas ha⁻¹, em que foi encontrado o menor valor de rendimento (6,32 t ha⁻¹), até 100.000 plantas ha⁻¹ (Figura 21).

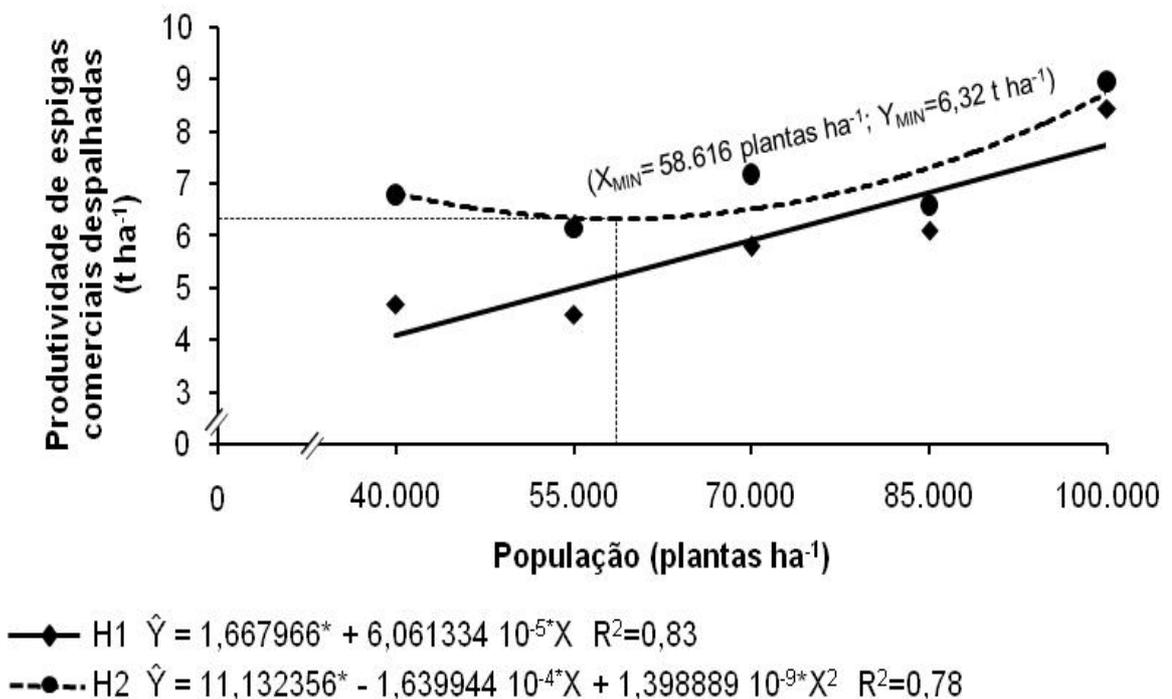


Figura 21 – Produtividade média de espigas comerciais despalhadas dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

A tendência de aumento da característica avaliada, de acordo com o aumento na densidade de plantas, do mesmo modo que para rendimento total de espigas sem palha, pode estar associada às boas condições climáticas ocorridas, de maneira geral, durante os períodos experimentais de 2009 e 2010 (Figura 1), assim como relacionada a uma adubação adequada e utilização de irrigação. Também é válido dizer que o aumento linear do índice de área foliar (Figuras 8 e 9) favoreceu, nessas condições, a otimização da interceptação da radiação solar e a sua conversão em energia de fotoassimilados.

A precocidade dos híbridos utilizados (SANGOI et al., 2005; STRIEDER et al., 2007) e a semeadura precoce (SILVA et al., 2010), verificadas no presente trabalho, assim como para produtividade total de espigas despalhadas, podem ter auxiliado no aumento do rendimento de espigas comerciais despalhadas, com o aumento na densidade de plantas, conforme explicado no item 4.3.5.

Nos resultados obtidos por Vieira (2007), para cultivares de milho verde comum, observou-se tendência de redução da produtividade de espigas comerciais despalhadas, conforme o incremento populacional, de 30.000 a 110.000 plantas ha⁻¹. O mesmo foi constatado por Vieira et al. (2010), utilizando metodologia semelhante, para número de espigas sem palha por hectare. Portanto, esses resultados discordaram dos que foram encontrados pelo presente trabalho.

Avaliando as cultivares de milho verde comum AG 4051, AG 1051, BM 3061, P 3232, Cativerde 2 e SWB 551, Rocha (2008) observou comportamento quadrático da produtividade de espigas comerciais despalhadas, em função do aumento na população de plantas, de 30.000 a 60.000 plantas ha⁻¹, com máximos rendimentos em 49.018, 50.668, 50.670, 46.611, 46.434 e 47.426 plantas ha⁻¹, para cada cultivar, respectivamente. Desta forma, houve discordância com os resultados do presente estudo.

Diferenças estatísticas entre os híbridos de milho doce ocorreram em 2009, com 100.000 plantas ha⁻¹, e em 2010, com 40.000 e 55.000 plantas ha⁻¹. Em todos os casos, a produtividade média total de espigas comerciais despalhadas de RB - 6324 foi estatisticamente superior a de Tropical Plus. O fato de Tropical Plus ter apresentado menor produtividade em 2009, com 100.000 plantas ha⁻¹, pode estar relacionado a uma maior susceptibilidade aos

efeitos negativos do aumento populacional, quanto à fisiologia da produção das plantas (Quadro 26).

Quadro 26 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente à característica produtividade média de espigas comerciais despalhadas ($t\ ha^{-1}$)

Densidade Populacional (plantas ha^{-1})	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	4,24	5,30
40.000	2	4,66b	6,80a
55.000	1	6,12	6,46
55.000	2	4,50b	6,14a
70.000	1	5,92	7,00
70.000	2	5,80	7,18
85.000	1	6,10	6,84
85.000	2	6,10	6,60
100.000	1	6,16b	7,92a
100.000	2	8,44	8,96

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste F.

4.4. Composição química de grãos

4.4.1. Açúcares Totais

Na análise de variância conjunta, verificou-se que o teor médio de açúcares totais, para todas as densidades, híbridos e anos utilizados, foi de 27,10% (Quadro 27). Este resultado está de acordo com o relatado por Maggio (2006), de que milho da classe superdoce, que é o caso dos híbridos Tropical Plus e RB – 6324, possui um teor de açúcares totais em torno de 25%. Todavia, Laughnan (1953) e Hill (2002) informaram que o milho superdoce deve possuir mais que 30% de açúcares totais.

Ainda sobre a análise de variância conjunta, somente a interação entre densidade populacional e ano agrícola não apresentou significância. A interação tripla e os desdobramentos da população de plantas dentro de RB – 6324, em ambos os anos agrícolas, foram significativos (Quadro 27). Nestes desdobramentos, notou-se aumento quadrático da característica avaliada, em

função do aumento na densidade populacional. Em 2009, o máximo teor de açúcares totais (30,46%) foi obtido com 89.025 plantas ha⁻¹, enquanto que, em 2010, o máximo valor (30,41%) foi encontrado com 98.630 plantas ha⁻¹. Já para o híbrido Tropical Plus, a característica comportou-se de maneira constante, de 40.000 a 100.000 plantas ha⁻¹ (Figuras 22 e 23).

Quadro 27 – Resumo da análise de variância conjunta referente ao teor de açúcares totais (%) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	23,644167*
Híbrido (H)	1	73,824031*
Ano	1	15,922201*
P x H	4	39,384906*
H x Ano	1	3,973861 ^{ns}
P x Ano	4	3,553126*
P x H x Ano	4	3,326392*
P / H1 Ano 1	4	1,755833 ^{ns}
P / H2 Ano 1	4	18,426455*
P / H1 Ano 2	4	2,162868 ^{ns}
P / H2 Ano 2	4	47,563437*
Bloco/Ano	6	1,886673 ^{ns}
Resíduo	54	1,271507
Média Geral		27,10
C.V. (%)		4,16

*Significativo (P<0,05) e ns – não significativo (P>0,05), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

O aumento da população de plantas proporciona a dominância apical, resultante da maior relação de luz vermelha/vermelha distante e da menor fotooxidação de auxina no ponto de crescimento das plantas, e que prioriza o transporte de substâncias para o pendão, em detrimento das espigas. Esta mudança fisiológica, juntamente com a maior competição intra-específica, por recursos do meio, seria, a princípio, a responsável pela redução do teor de açúcares totais em milho doce. Isto ocorreria devido à redução da disponibilidade de fotoassimilados por planta e espiga, em uma determinada área (GARDNER et al., 1985, KASPERBAUER e KARLEN, 1994; SANGOI e SALVADOR, 1998; ARGENTA et al., 2001a; SANGOI et al., 2002b).

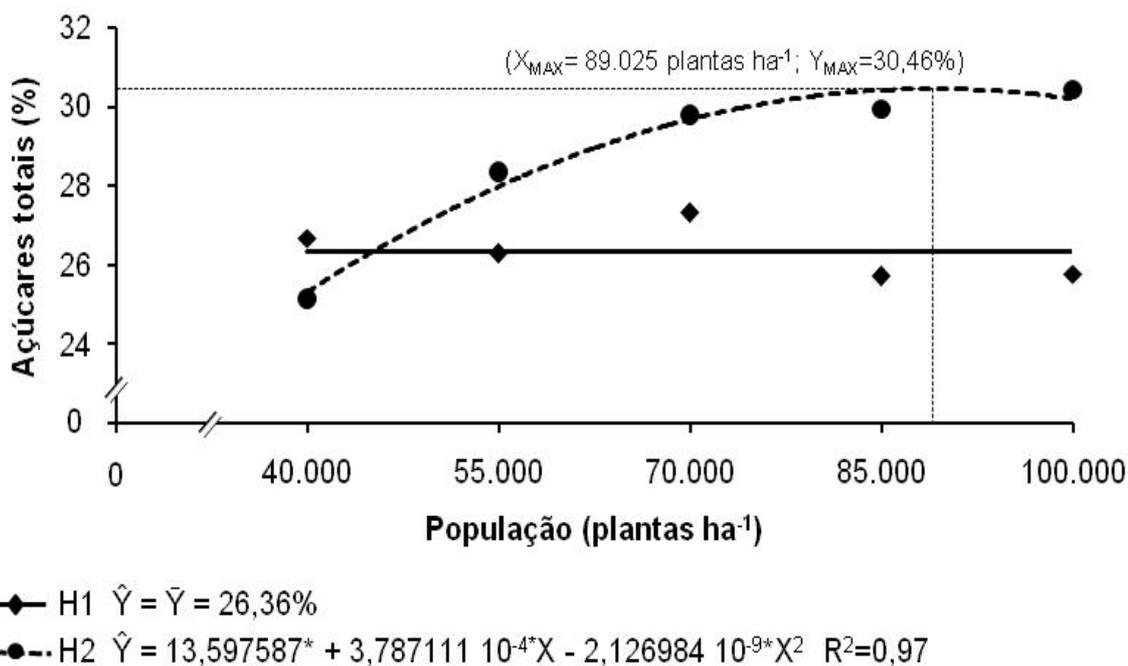


Figura 22 – Teor de açúcares totais dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Um menor acúmulo de massa seca nos grãos, assim como a redução de sua massa total, seriam, desta forma, resultados das alterações provocadas pelo aumento populacional (DOURADO NETO et al., 2003; FLESCHE e VIEIRA, 2004; PIANA et al., 2008), devido à menor disponibilidade de açúcares por unidade de grão (SANGOI, 2001). Na faixa de 25.000 a 125.000 plantas ha^{-1} , Sangoi et al. (2009) observaram que o incremento na população diminuiu a massa seca acumulada pelas espigas, na fase crítica à definição do número de grãos produzidos por área, independentemente da cultivar de milho comum utilizada. Todavia, no presente estudo, a quantidade de açúcares totais, nos grãos, aumentou com o incremento populacional.

No milho normal há uma relação entre umidade, açúcares redutores, sacarose, amido e massa seca total, durante o desenvolvimento do grão, isto é, a umidade decresce continuamente, enquanto o amido aumenta (CANIATO et al., 2007). Observações semelhantes foram verificadas por Creech (1965), que obteve correlações negativas entre o teor de açúcares totais, açúcares redutores e sacarose com a massa seca e o amido, indicando que os açúcares são precursores do amido. No milho normal, Creech (1968) descreve que os

açúcares totais aumentam até o 15º dia após a polinização e diminuem durante o amadurecimento, devido ao posterior aumento do teor de amido.

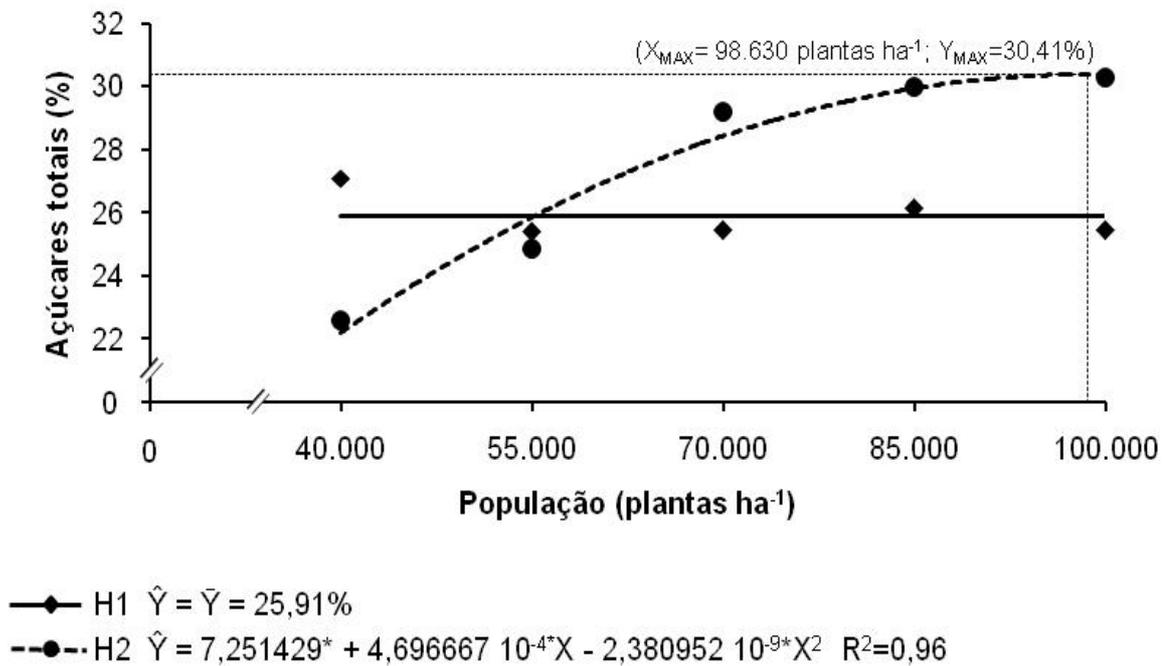


Figura 23 – Teor de açúcares totais dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P < 0,05$) pelo teste t de Student (1908).

O fato de o milho verde doce ser colhido com uma umidade maior que a do milho normal, entre 70 a 80%, conforme Pereira et al. (2003), é válido dizer que na colheita, a quantidade de açúcares totais, sejam eles redutores (glucose e frutose) ou não-redutores, seja significativamente maior que a de amido (KWIATKOWSKI, 2007).

Assim, no presente trabalho, considerando-se o exposto anteriormente e de acordo com Sangoi (2001) e Sangoi et al. (2002b), no momento da colheita, é provável que o incremento populacional possa ter reduzido o acúmulo de amido no endosperma, devido à maior força de drenagem exercida pelo pendão e devido à maior competição intra-específica. Essas mesmas explicações fisiológicas, relatadas por Argenta et al. (2001a), possivelmente, também influenciaram a capacidade de biossíntese de amido, a partir dos açúcares livres e solúveis do endosperma. Isto é, o aumento populacional fez com que em maiores densidades populacionais, houvesse prioridade na

manutenção de açúcares redutores e não redutores no endosperma, em detrimento do acúmulo de amido.

Portanto, provavelmente, assim como para o milho normal, a maior quantidade de açúcares totais deve estar associada a uma menor quantidade de amido acumulado no endosperma, especialmente em função do aumento no número de plantas por área (CREECH, 1965; CREECH, 1968). Este fato é agravado pelo natural menor teor de amido em milho doce, devido à capacidade dos alelos mutantes deste limitarem a biossíntese de amido nos grãos (MAGGIO, 2006).

Além disso, conforme apresentado por Barbieri et al. (2005), para milho doce, a profundidade e largura dos grãos diminuem com o aumento na densidade de plantas. O mesmo foi constatado por Rocha (2008), em cultivares de milho verde, indicando que grãos menores, assim como espigas menores (PALHARES, 2003; BARBIERI et al., 2005; SILVA et al., 2007; VIEIRA et al., 2010), possivelmente, também proporcionam aumento na concentração de açúcares totais no endosperma, resultando em sabor mais adocicado dos grãos.

Diferença estatística entre os híbridos, para o teor médio de açúcares totais, no ano agrícola de 2009, somente foi observada com 70.000 plantas por hectare, ao passo em que no ano agrícola de 2010, essa foi verificada tanto com 40.000 plantas ha⁻¹ quanto com 55.000 plantas ha⁻¹. Isto é, entre os anos, não houve comportamento comum da característica avaliada, quando às diferenças entre genótipos. Todavia, foi possível constatar que nessas populações, o híbrido Tropical Plus produziu espigas estatisticamente mais doces que as de RB – 6324 (Quadro 28).

3.4.2. Amido

Na análise de variância conjunta, para teor de amido, observou-se significância nas interações duplas e fatores isolados, exceto para ano agrícola. Ainda que a interação tripla tenha sido não significativa, detectou-se, assim como para açúcares totais, que nos desdobramentos da população de plantas dentro de RB – 6324 houve significância, tanto em 2009 quanto em 2010 (Quadro 29).

Quadro 28 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente ao teor de açúcares totais (%)

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	26,69	27,10
40.000	2	25,14a	22,61b
55.000	1	26,29	25,39
55.000	2	28,36a	24,87b
70.000	1	27,31a	25,45b
70.000	2	29,78	29,20
85.000	1	25,72	26,16
85.000	2	29,93	29,98
100.000	1	25,79	25,46
100.000	2	30,43	30,28

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si ($P > 0,05$), pelo teste F.

A média geral conjunta foi de 16,22% (Quadro 29), indicando que houve concordância com os valores citados por Pereira Filho e Cruz (2002) e Maggio (2006) (15 a 25%), e por Laughnan (1953) e Wolf (1962) (8 a 24%), para teor de amido em milho superdoce.

O comportamento observado para teor de amido foi o inverso do constatado para açúcares totais. Enquanto que para açúcares totais houve tendência de crescimento do teor, conforme o aumento na população de plantas (Figuras 22 e 23), para amido, a tendência foi de redução. Para RB – 6324, em 2009 e 2010, houve decréscimo linear de 0,60% e 0,52% de amido, a cada 10.000 plantas ha⁻¹ adicionadas à lavoura de milho doce, respectivamente (Figuras 24 e 25).

Os resultados apresentados indicaram relação entre açúcares totais e amido, com o aumento na população de plantas, conforme reportado por Caniato et al. (2007). Esta relação foi negativa, isto é, o aumento do teor de açúcares totais esteve associado à redução do teor de amido, sendo possível afirmar que a biossíntese de amido a partir dos açúcares precursores (CREECH, 1965; CREECH, 1968) reduziu, no endosperma dos grãos, com o incremento na densidade de plantas.

Quadro 29 – Resumo da análise de variância conjunta referente ao teor de amido (%) de dois híbridos de milho doce em cinco densidades populacionais e dois anos agrícolas

Fonte de variação	Graus de liberdade	Quadrados médios
Densidade Populacional (P)	4	8,567933*
Híbrido (H)	1	16,002605*
Ano	1	0,078125 ^{ns}
P x H	4	5,054652*
H x Ano	1	9,982845*
P x Ano	4	1,412828*
P x H x Ano	4	0,995979 ^{ns}
P / H1 Ano 1	4	1,155588 ^{ns}
P / H2 Ano 1	4	7,270230*
P / H1 Ano 2	4	1,111032 ^{ns}
P / H2 Ano 2	4	6,494542*
Bloco/Ano	6	0,600485 ^{ns}
Resíduo	54	0,487451
Média Geral		16,22
C.V. (%)		4,30

*Significativo ($P < 0,05$) e ns – não significativo ($P > 0,05$), pelo teste F. (H1) Tropical Plus; (H2) RB-6324; (Ano 1): 2009 e (Ano 2): 2010.

Na cultura do milho, o efeito fisiológico negativo do aumento populacional sobre o acúmulo de massa seca, relatado por Sangoi et al. (2009), causado pela maior dominância apical e competição intra-específica (GARDNER et al., 1985, KASPERBAUER e KARLEN, 1994; SANGOI e SALVADOR, 1998; ARGENTA et al., 2001a; SANGOI et al., 2002b), e que resulta em menor massa de grãos (DOURADO NETO et al., 2003; FLESCHE e VIEIRA, 2004; PIANA et al., 2008), proporcionou maior permanência de açúcares livres no endosperma, em detrimento do acúmulo de amido. As mudanças fisiológicas que ocorrem fazem com que a disponibilidade de carboidratos por unidade de grão decresça linearmente com o aumento da população de plantas (SANGOI, 2001), resultado obtido para teor de amido no presente trabalho.

Os resultados do efeito de genótipos sobre o teor de amido foram contraditórios, pois as diferenças estatísticas variaram entre populações de plantas e anos agrícolas, não sendo possível afirmar que determinado híbrido foi superior ao outro, para a característica avaliada. No primeiro ano, enquanto que RB – 6324 foi estatisticamente superior ao Tropical Plus na população de

40.000 plantas ha⁻¹, nas populações de 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹ ocorreu comportamento contrário.

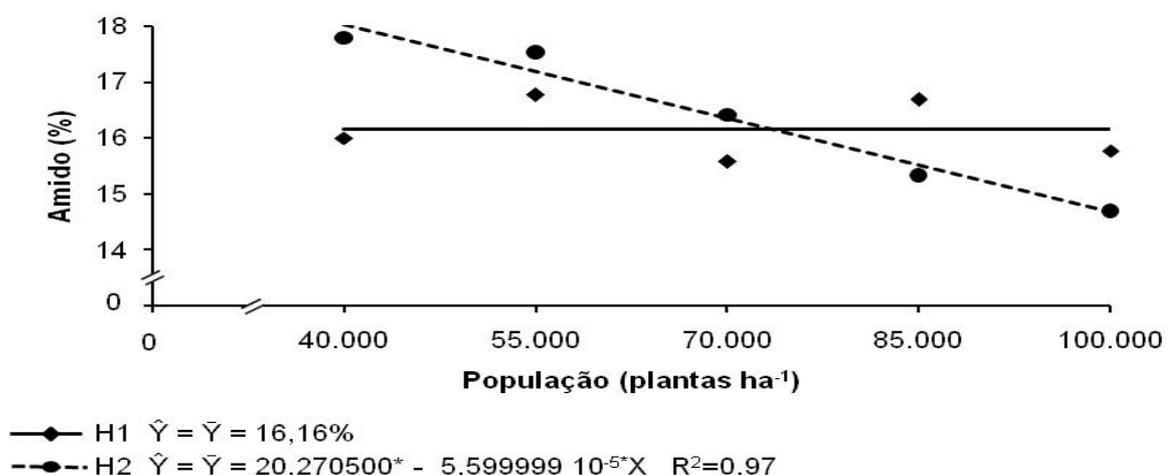


Figura 24 – Teor de amido dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2009. *Significativo ($P<0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Em 2010, RB – 6324 foi estatisticamente superior ao Tropical Plus, quanto ao teor de amido, nas densidades de 40.000, 55.000 e 85.000 plantas ha⁻¹ (Quadro 30).

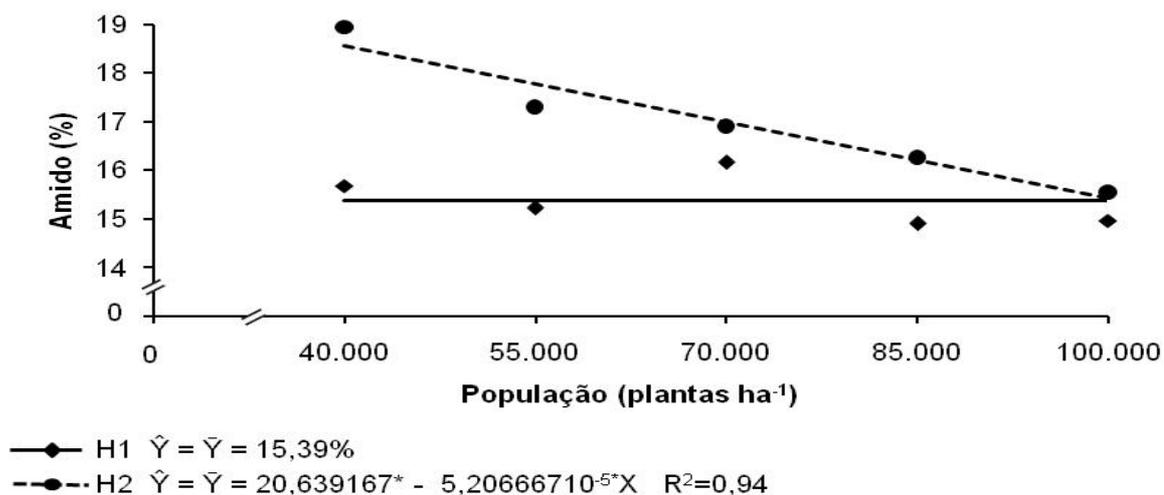


Figura 25 – Teor de amido dos híbridos de milho doce Tropical Plus (H1) e RB-6324 (H2), em função da densidade populacional de plantas, no ano agrícola de 2010. *Significativo ($P<0,05$) pelo teste t de Student (1908).

Quadro 30 – Desdobramento do efeito dos híbridos Tropical Plus e RB-6324, em função da densidade populacional e ano referente ao teor de amido (%)

Densidade Populacional (plantas ha ⁻¹)	Ano	Híbridos	
		Tropical Plus	RB - 6324
40.000	1	16,00b	17,79a
40.000	2	15,69b	18,94a
55.000	1	16,77	17,53
55.000	2	15,23b	17,30a
70.000	1	15,58	16,41
70.000	2	16,16	16,91
85.000	1	16,69a	15,33b
85.000	2	14,91b	16,26a
100.000	1	15,78a	14,69b
100.000	2	14,97	15,55

Médias seguidas por letras distintas na linha diferem entre si (P > 0,05), pelo teste F.

5. CONCLUSÕES

1. O aumento na densidade de plantas afetou componentes da parte aérea dos híbridos de milho doce Tropical Plus e RB – 6324;
2. Em maiores populações de plantas, foi possível a obtenção de maiores rendimentos de espigas despalhadas, total e de espigas comerciais, de híbridos de milho doce, como Tropical Plus e RB – 6324;
3. O aumento na densidade populacional reduziu o comprimento e diâmetro de espigas, mas não afetou o padrão comercial desses componentes de produção;
4. Maiores densidades populacionais foram capazes de tornar as espigas do híbrido RB – 6324 mais doces, porém reduziram o conteúdo de amido nos seus grãos;
5. Em comparação com RB – 6324, Tropical Plus apresentou maior altura de inserção de espiga, diâmetro de colmo, comprimento de espiga e teor de açúcares totais nos grãos. O contrário ocorreu com índice de área foliar, diâmetro de espiga, massa e rendimento total de espigas despalhadas, produtividade de espigas comerciais sem palha e teor de amido nos grãos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEGBUYI, E.; COOPER, S.R.; DON, R. Osmotic priming of some herbage grass seed using polyethyleneglycol (PEG). **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 9, n. 3, p. 867-878, 1981.

ALBUQUERQUE, C.J.B.; VON PINHO, R.G.; SILVA, R. Produtividade de híbridos de milho verde experimentais e comerciais. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 2, p. 69-76, 2008.

ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. **Modern corn production**. 2. ed. Champaign: A & L Publication, 1982, 371 p.

ALMEIDA, M.L.; MEROTTO JR.; A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 23-29, 2000.

ALMEIDA, M.Z. **Simulação gráfica do crescimento de plantas de milho**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). 2007. 57 p.

ALVAREZ, C.G.D.; PINHO, R.G.V.; BORGES, I.D. Avaliação de características agrônômicas 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, J.P.R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J.C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, p. 467-473, 2005.

AMARAL FILHO, J.P.R. **Influência do espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Jaboticabal: Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2002, 70 p.

ANDA, A.; LOKE, Z. Radiation balance components of maize hybrids grown at various plant 81 densities. **Journal of Agronomy and Crop Science**, Berlin, v. 191, n. 3, p. 202 – 209, 2005.

ANDERSON, I.C. **Crop management**. Ames: Iowa State University, 1995. 52 p. (Agronomy 516 Course Work, 1).

ANDRADE, F.H.; VEJA, C.; UHART, S.; CIRILO, A.; CANTARERO, M.; VALENTINUZ, O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 453-459, 1999.

ANDRADE, F.H. **Radiación y temperatura determinan los rendimientos máximos de maíz**. Balcarce: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária. 34 p. 1992. (Boletín Técnico, 106).

ANDRADE, F.H.; UHART, S.; ARGUISSAIN, G. **Rendimiento potencial de maíz en Balcarce: análisis de los factores que lo determinan**. Balcarce, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária. Balcarce, Argentina. 1991. 11 p. (Boletín Técnico, 101).

ANDRADE JÚNIOR, A.S.; FIGUEREDO JÚNIOR, L.G.M.; MOUSINHO, F.E.P.; CARDOSO, M.J.; LEAL, C.M. **Modelo para estimativa de produtividade da cultura do milho no Estado do Piauí**. Teresina: Embrapa Meio-norte, 2007. (Documentos, 157).

ANDREI, E. **Compêndio de defensivos agrícolas**. 7. ed. São Paulo: Andrei Editora, 2005, 1133 p.

ARAGÃO, C.A. **Avaliação de híbridos simples braquiáticos de milho super doce (*Zea mays* L.) portadores do gene *shrunken-2 (sh2sh2)* utilizando o esquema dialélico parcial**. Tese (Doutorado). Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2002, 101 p.

ARAÚJO, E.F.; ARAÚJO, R.F.; SOFIATTI, V.; SILVA, R.F. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce colhidas em diferentes épocas. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 687-692, 2006.

ARGENTA, G.; SANGOI, L.; SILVA, P.R.F.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C.; STRIEDER, M.L.; FORSTHOFER, E.L.; SUHRE, E. Potencial de rendimento de grãos de milho em dois ambientes e cinco sistemas de produção. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 4, n. 1-2, p. 27-34, 2003.

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

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

AUDE, M.I.S.; BISOGNIN, D.A.; ZANINI, W. Acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grãos do triticale. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 1, p. 23-27, 1996.

BALLARÉ, C.L.; CASAL, J.J. Light signals perceived by crop and weed plants. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 67, p. 149-160, 2000.

BARBANO, M.T.; SAWAZAKI, E.; BRUNINI, O.; GALLO, P.B.; PAULO, E.M. Temperatura base e soma térmica para cultivares de milho pipoca (*Zea mays* L.) no subperíodo emergência-florescimento masculino. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 79-84, 2003.

BARBIERI, V.H.B.; LUZ, J.M.Q.; BRITO, C.H.; DUARTE, J.M.; GOMES, L.S.; SANTANA, D.G. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 3, p. 826-830, 2005.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J.I.; MÜLLER, A.G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A.O.; RADIN, B.; BIANCHI, C.A.M.; PEREIRA, P.G. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 2, p. 243-249, 2006.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; BERGONCI, J.I.; BIANCHI, C.A.M.; MÜLLER, A.G.; COMIRAN, F.; HECKLER, B.M.M. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p.831-839. 2004.

BERLATO, M.A.; MATZENAUER, R.; SUTLI, V.R. Relação entre temperatura e o aparecimento de fases fenológicas do milho (*Zea mays* L.). **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 111-132, 1984.

BOLAÑOS, J.; EDMÉADES, G. The importance of the anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 31, p. 233-252, 1996.

BONHOMME, R.; DERIEUX, M.; EDMÉADES, G.O. Flowering of diverse maize cultivars in relation to temperature and photoperiod in multilocation field trials. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 156-164, 1994.

BORDALLO, P.N.; PEREIRA, M.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; GABRIEL, A.P.C. Análise dialética de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 23, n. 1, p.123-127, 2005.

BORGHI, E.; MELLO, L.M.M.; CRUSCIOL, C.A.C. 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, p. 337-345, 2004.

BORIN, A.L.D.C. **Extração, absorção e acúmulo de nutrientes no milho doce cultivado em condições de campo**. Dissertação (Mestrado). Uberlândia: UFV, 2005. 97 p.

BOX, G.E.P. Non-normality and tests on variances. **Biometrika**, London, v. 40, p. 318-335, 1953.

BRACHTVOGEL, E.L.; PEREIRA, F.R.S.; CRUZ, S.C.S.; BICUDO, S.J. Densidades populacionais de milho em arranjos espaciais convencional e eqüidistante entre plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 8, p. 2334-2339, nov., 2009.

BRACHTVOGEL, E.L. **Densidades e arranjos populacionais de milho e componentes agronômicos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Botucatu: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2008. 106 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos/Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária**. Brasília: Ministério da Saúde, 2005. cap.IV. p.116-141 (Série A: Normas Técnicas e Manuais Técnicos).

BROWN, R.H.; HATTERSLEY, P.W. Leaf anatomy of C₃-C₄ species as related to evolution of C₄ photosynthesis. **Plant Physiology**, Oxford, v. 91, p. 1543-1550, 1989.

BRUNINI, O.; ZULLO JR., J.; PINTO, H.S.; ASSAD, E.D.; SAWAZAKI, E.; DUARTE, A.P.; PATTERNIANI, M.E.Z. Riscos climáticos para a cultura do milho no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n.3, p. 519-526, 2001.

BRUNS, H.A.; ABBAS, H.K. Ultra-high plant populations and nitrogen fertility effects on corn in the Mississippi valley. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 4, p. 1136-1140, 2005.

BUITINK, J.; VERTUCCI, C.W.; HOEKSTRA, F.A.; LEPRINCE, O. Calorimetric properties of dehydrating pollen: analysis of a desiccation-tolerant and an intolerant species. **Plant Physiology**, Oxford, v. 111, p. 235-242, 1996.

CANIATO, F.F.; GALVÃO, J.C.C.; FINGER, F.L.; PUIATTI, M.; OLIVEIRA, D.A.; FERREIRA, J.L. Quantificação de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1893-1896, 2007.

CANIATO, F.F.; GALVÃO, J.C.C.; FINGER, F.L.; RIBEIRO, R.A.; MIRANDA, G.V.; PUIATTI, M. Composição de açúcares solúveis totais, açúcares redutores e amido nos grãos verdes de cultivares de milho na colheita. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 1, p. 38-44, 2004.

CARAMORI, P.; WREGE, M.S.; GONÇALVES, S.L.; GERAGE, A.C.; GOMES, J. **Zoneamento agroclimático da cultura do milho no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1999. 24 p. (Informe de Pesquisa, 129).

CARNEIRO, G.E.S.; GERAGE, A.C. Densidade de semeadura. In: **A cultura do milho no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1991. p. 63-70.

CARVALHO, I.Q. **Espaçamento entre fileiras e população de plantas em milho**. Dissertação (Mestrado). Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2007. 118 p.

CASA, R.T.; MOREIRA, E.N.; BOGO, A.; SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 33, n. 4, p. 353-357, 2007.

CHANG, J.H. Corn yield in relation to photoperiod, night temperature and solar radiation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 24, p. 253-262, 1981.

CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity. II. Kernel number determination. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 1044-1046, 1994.

COORS, J.G.; MARDONES, M.C. Twelve cycles of mass selection for prolificacy in maize. **Crop Science**, Madison, v. 29, n. 2, p. 262-266, 1989.

COX, W.J. Whole-plant physiological and yield responses of maize to plant density. **Agronomy Journal**, Madison, v. 88, p. 489-496, 1996.

CREECH, R.G. Carbohydrate synthesis in maize. In: NORMAN, A.G (ed.). **Advances in Agronomy**. New York: Academic, 1968. p. 275-289.

CREECH, R.G. Genetic control of carbohydrate synthesis in maize endosperm. **Genetics**, Maryland, v. 52, n. 4, p. 1175-1185, 1965.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A.; ALVARENGA, R.C.; NETO, M.M.G.; VIANA, J.H.M.; OLIVEIRA, M.F.; SANTANA, D.P. Manejo da cultura do milho em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 233, p. 42-53. 2006.

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. **Cultivares de milho disponíveis no mercado de sementes do Brasil para a safra 2005/2006**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 24 p. 2005. (Circular Técnica, 62).

CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Manejo e tratos culturais. In: PEREIRA FILHO I.A. (eds.). **O cultivo do milho-verde**. Brasília, DF, Embrapa Informação Tecnológica. p. 31- 44, 2003.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2001. 390 p.

DELOUCHE, J.C. Influence of moisture and temperature levels on the germination of corn, soybean and watermelons. **Association of Official Seed Analysts**, Linconl, v. 43, n. 1, p. 117-26, 1953.

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

DINIZ, W.R. **Efeitos de cultivares, espaçamentos e níveis de potássio, no rendimento de massas e qualidade da silagem de milho (*Zea mays L.*)**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Lavras: Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.

DOUGLAS, S.K.; JUVIK, J.A.; SPLITTSTOESSER, W.E. Sweet corn seedling emergence and variation in kernel carbohydrate reserves. **Seed Science and Technology**, Zurich, v. 21, n. 3, p. 433- 445, 1993.

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

DUVICK, D.N.; CASSMAN, K.G. Post-green revolution in yield potential of temperate maize in the north-central united states. **Crop Science**, Madison, v. 39, p. 1622-1630, 1999.

EHLERINGER, J.; BJÖRKMAN, O. Quantum yields for CO₂ uptake in C₃ and C₄ plants: dependence on temperature, CO₂, and O₂ concentration. **Plant Physiology**, Oxford, v. 59, p. 86-90, 1977.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **O cultivo do milho verde**. 1 ed. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, 2002, 210 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 1999. 412 p.

EPAGRI. **Recomendações técnicas para a cultura do milho em Santa Catarina**. Florianópolis, 1997. 59 p. (EPAGRI. Sistemas de Produção, 28).

EVERETTI, B. **A handbook of statistical analysis using SAS**. 2 ed. Boca Raton, FL: Chapman e Hall/CRC. 2001.

FAGERIA, N.K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, p. 6-16, 1998.

FANCELLI, A.L. **Influência do desfolhamento no desempenho de plantas e de sementes de milho (*Zea mays* L.)**. Tese (Doutorado). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. 1988. 172 p.

FERREIRA, D.F. **Manual do sistema Sisvar para análises estatísticas**. Lavras: UFLA, 2000. 63 p.

FIGUEREDO JÚNIOR, L.G.M. **Modelo para estimação da produtividade de grãos de milho no Estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Agronomia). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) / Universidade de São Paulo (USP). 2004. 85 p.

FISCHER, K.S.; PALMER, F.E. Tropical maize. In: GOLDSWORTHY, P.R.; FISCHER, N.M. (ed.). **The physiology of tropical field crops**. New York: Wiley Interscience, 1984. p.213-248.

FLESCH, R.D.; VIEIRA, L.C. Espaçamento e densidade de milho com diferentes ciclos no Oeste de Santa Catarina, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 25-31, 2004.

FLESCH, R.D.; VIEIRA, L.C. Espaçamento e população de plantas na cultura do milho. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 28-31, 1999.

FRANCIS, C.A.; RUTGER, J.N.; PALMER, A.F.E. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). **Crop Science**, Madison, v. 9, p. 537-539, 1969.

FREDDI, O.S.; CENTURION, J.F.; PEREIRA DUARTE, A.; LUARTE LEONEL, C. Compactação do solo e produção de cultivares de milho em Latossolo Vermelho. I – Características de planta solo e índice S. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n.4, p. 793-803, 2009.

FREDDI, O.S.; FERRAUDO, A.S.; CENTURION, J.F. **Análise multivariada na compactação de um Latossolo Vermelho cultivado com milho**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 32, p. 953-961, 2008.

FURBANK, R.T.; TAYLOR, W.C. Regulation of photosynthesis in C₃ and C₄ plants: a molecular approach. **The Plant Cell**, Dordrecht, 1995; 7:797-807.

GADIOLI, J.L.; DOURADO-NETO, D.; GARCIA, A.G.; BASANTA, M.V. Temperatura do ar, rendimento de grãos de milho e caracterização fenológica associada à soma calórica. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 377-383, 2000.

GAMA, E.E.G.; PARENTONI, S.N.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. Origem e importância do milho doce. In: EMPRESA AGROPECUÁRIA BRASILEIRA. **A cultura do milho doce**. Sete Lagoas, 1992. p. 5-34. (Circular Técnica, 18).

GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. **Physiology of crop plants**. Ames: Iowa State University, 1985. 327 p.

GODOY, H.; CORREA, A.R.; SANTOS, D. Clima do Paraná. In: Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. **Manual agropecuário para o Paraná**. 1976. p. 17-36.

GROSS, M.R.; PINHO, R.G.; BRITO, A.H. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, p. 387-393, 2006.

HALE, M.G.; ORCUTT, D.M. **The physiology of plants under stress**. New York: J. Wiley, 1987. 206 p.

HAMMER, G.L.; ZHANSHAN, D.; McLEAN, G.; DOHERTY, A.; MESSINA, C.; SCHUSSLER, J.; ZINSELMEIER, C.; PASZKIEWICZ, S.; COOPER, M. Can changes in canopy and/or root system architecture explain historical maize yield trends in the U.S. Corn belt? **Crop Science**, Madison, v. 49, p. 11-24, 2009.

HATTERSLEY, P.W. Characterization of C4 type leaf anatomy in grasses (Poaceae). Mesophyll: bundles sheath area ratios. **Annual of Botany**, Oxford, v. 53, p. 63-179, 1984.

HERRERO, M.P.; JOHNSON, R.R. High temperature stress and pollen viability of maize. **Crop Science**, Madison, v. 20, n. 6, p. 796-800, 1980.

HILL, D.E. **Yellow and bicolor supersweet corn trials 1999-2001**. New Haven: The Connecticut Agricultural Experiment Station, 2002, 15 p. (Bulletin 982).

HOEFT, R.G. Desafios para obtenção de altas produtividades de milho e soja nos EUA. **Informações Agronômicas**, v.104, p.1-4, 2003.

HUELSEN, W.A. **Sweet corn**. New York, Interscience Publishers, 1954. 409p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário 2006**. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf>. Acesso em: 02 de dezembro de 2010.

KAPPES, C. **Desempenho de híbridos de milho em diferentes arranjos espaciais de plantas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista (UNESP). 2010. 128 p.

KAPPES, C.; ANDRADE, J.A.C.; HAGA, H.I.; FERREIRA, J.P.; ARF, M.V. Germinação, vigor de sementes, e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 125-134, 2010.

KASPERBAUER, M.J.; KARLEN, D.L. Plant spacing and reflected far-red light effects on phytochrome-regulated photosynthate allocation in corn seedlings. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 1564-1569, 1994.

KERHOAS, C.; GAY, G.; DUMAS, C. A multidisciplinary approach to the study of the plasma membrane of *Zea mays* pollen during controlled dehydration. **Planta**, Heidelberg, v. 71, p. 1-10.

KINIRY, J.R.; BONHOMME, R. Predicting maize phenology. In: HODGES, C. (ed.). **Predicting crop phenology**. Boca Raton: CRC Press, Ann. Arbor. Boston. p. 115-131, 1991.

KINIRY, J.R.; RITCHIE, J.T.; MUSSER, R.L.; FLINT, E.P.; IWIG, W.C. The photoperiod sensitive interval in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 687, 1983.

KUNZ, R.P. **Influência do arranjo de plantas e da população em características agronômicas e produtividade do milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2005. 115 p.

KVITSCHAL, M.V.; MANTINE, E.; VIDIGAL FILHO, P.S.; VIDIGAL, M.C.G.; SCAPIM, C.A. Arranjo de plantas e produção de dois híbridos simples de milho. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 41, n. 1, p. 122-131, 2010.

KWIATKOWSKI, A. **Qualidade e composição química de híbridos simples de milho doce**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Maringá: Universidade Estadual de Maringá (UEM), 2007, 73 p.

LANGDALE, J.A.; ZELITCH, I.; MILLER, E.; NELSON, T. Cell position and light influence C₄ versus C₃ patterns of photosynthetic gene expression in maize. **The EMBO Journal**, Oxford, v. 7, n. 12, p. 3643-3651, 1988.

LAUGHNAN, J.R. The effect of the sh2 factor on carbohydrate reserves in the mature endosperm of maize. **Genetics**, Madison, v. 38, p. 485-489, 1953.

LEMOS, M.A.; GAMA, E.E.G.; MENEZES, D.; SANTOS, V.F.; TABOSA, J.N. Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superdoce em um dialelo completo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 167-170, 2002a.

LEMOS, M.A.; GAMA, E.E.G.; MENEZES, D.; SANTOS, V.F.; TABOSA, J.N.; MORAIS, M.S.L. Emergência em campo de híbridos simples de milho superdoce de um cruzamento dialélico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 158-162, junho 2002b.

LEMOS, M.A.; GAMA, E.E.G.; PARENTONI, S.N.; OLIVEIRA, A.C.; REIFSHNEIDER, F.J.B.; SANTOS, J.P.O.; TABOSA, J.N. Capacidade geral e específica de combinação em híbridos simples de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, p. 48-56, 1999.

LENZI, E.A. **População e distribuição espacial de plantas em cultura de milho (*Zea mays* L.)**. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura). Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 1992. 106 p.

LONG, S.P.; ZHU, X.G.; NAIDU, S.L.; ORT, D.R. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? **Plant Cell & Environment**, Oxford, 29: 315-330, 2006.

LOOMIS, R.S.; CONNORS, D.J. **Crop ecology: productivity and management in agricultural systems**. Cambridge: Cambridge University, 1992. 550 p.

LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Determinação da temperatura-base e de graus-dia para a estimativa do subperíodo da semeadura à floração de um híbrido de milho (*Zea mays*). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 31-36, 1999a.

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

MACHADO, E.; PEREIRA, A.R.; FAHL, J.I.; ARRUDA, H.V.; SILVA, W.J.; TEIXEIRA, J.P.F. Análise quantitativa de crescimento de quatro variedades de milho em três densidades. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 6, p. 825-833, 1982.

MADDONI, G.A.; OTEGUI, M.E.; CIRILO, A.G. Plant population density, row spacing and hybrid effects on maize canopy architecture and light attenuation. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, n. 2, p. 183-193, 2001.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. (Circular Técnica 76).

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO N.P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 2002. 23 p. (Circular Técnica, 22).

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; PAIVA, E. **Fisiologia da planta de milho**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 1995. 27 p. (Circular Técnica, 20).

MAGGIO, M.A. **Acúmulo de massa seca e extração de nutrientes por plantas de milho doce híbrido "Tropical"**. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Campinas: IAC, 2006, 55 p.

MANTINE, E. **Arranjo de plantas e componentes de produção de grãos de dois híbridos simples de milho**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2008, 103 p.

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

MARCHÃO, R.L.; BRASIL, E.M.; DUARTE, J.B.; GUIMARÃES, C.M.; GOMES, J.A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MARCHÃO, R.L. **Efeito da densidade de plantas sobre caracteres agrônômicos de híbridos de milho, cultivados em espaçamento reduzido**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Goiânia: Universidade Federal de Goiás (UFG), 2004. 70 p.

MARCOS, S.K.; HONORIO, S.L.; JORGE, J.T., AVELAR, J.A.A. Influência do resfriamento do ambiente de armazenamento e da embalagem sobre o comportamento pós-colheita do milho verde. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.3, n.1, p.41-44, 1999.

MATTOSO, M.J.; GARCIA, L.C.; DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C. Aspectos de produção e mercado do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, p. 95-104, 2006.

MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M.A.; RIBOLDI, J. Modelos agrometeorológicos para estimativa do rendimento de milho em função da disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 1, n. 2. p. 225-241, 1995.

MEROTTO JÚNIOR, A.; ALMEIDA, M.L.; FUCHS, O. Aumento no rendimento de grãos de milho através do aumento da população de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 549-554, 1997.

MIEDEMA, P. The effects of low temperature on *Zea mays*. **Advances in Agronomy**, New York, v. 35, p. 93-128, 1982.

MOREIRA, M.A.; ANGULO FILHO, R.; RUDORFF, B.F.T. Eficiência do uso da radiação e índice de colheita em trigo submetido a estresse hídrico em diferentes estádios de desenvolvimento. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 597-603, 1999.

MOSS, D.N.; MUSGRAVE, R.B.; LEMON, E.R. Photosynthesis under field conditions. III Some effects of light, carbon dioxide, temperature and soil moisture on photosynthesis, respiration and transpiration of corn. **Crop Science**, Madison, v. 1, p. 83-87, 1961.

NESMITH, D.S.; RITCHIE, J.T. Short and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n. 1, p. 107-113, 1992.

NIED, A.H.; HELDWEIN, A.B.; ESTEFANEL, B.; SILVA, J.D.; ALBERTO, C.M. Épocas de semeadura do milho com menor risco de ocorrência de deficiência hídrica no município de Santa Maria, RS, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 995-1002, 2005.

OLIVEIRA, F.A.; SILVA, J.J.S.; CAMPOS, T.G.S. Evapotranspiração e desenvolvimento radicular do milho irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 1407-1415, 1993.

OLIVEIRA JÚNIOR, L.F.G.; SMITH, R.E.B.; REIS, F.O.; CAMPOSTRINI, O.; PEREIRA, M.G. Diferenças fisiológicas entre genótipos de milho doce (su-1) e milho comum durante o desenvolvimento. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.8, n.4, p.351-356, 2007.

OLIVEIRA JÚNIOR, L.F.G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M.G.; CHIQUIERE, T.B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo *in natura*. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 159-165, 2006.

OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. 440 p.

OTEGUI, M.E.; BONHOMME, R. Grain yield components in maize. I. Ear growth and kernel set. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 56, p. 247-256, 1998.

PAIVA, E.; VASCONCELOS, M.J.V.; PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R. Seleção de progênies de milho doce de alto valor nutritivo com auxílio de técnicas eletroforéticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, p.1213-1218, 1992.

PAIVA JÚNIOR, M.C.; VON PINHO, R.G.; VON PINHO, E.V.R.; RESENDE, S. G. DE. Desempenho de cultivares para a produção de milho verde em diferentes épocas e densidades de semeadura em Lavras – MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p.1235-1247, 2001.

PAIXÃO, S.T.; CAVALCANTE, M.; FERREIRA, P.V.; MADALENA, J.A.S.; PEREIRA, R.G. Divergência genética e avaliação de populações de milho em diferentes ambientes no Estado de Alagoas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 4, p. 191-195, 2008.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grãos de milho**. Dissertação (Mestrado). Piracicaba: Universidade de São Paulo / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2003. 90 p.

PARENTONI, S.N.; GAMA, E.E.G.; MAGNAVACA, R.; REIFSCHNEIDER, F.J.B.; VILLAS BOAS, G.L. Milho doce. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, p. 17-22, 1990.

PASCALÉ, A.J. Mapa fenológico do milho en la Republica Argentina. **Meteoros**, v. 3, n. 4, p. 383-394, 1953.

PEIXOTO, C.M. **Resposta de genótipos de milho à densidade de plantas, em dois níveis de manejo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Porto Alegre: Programa de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. 118 p.

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

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C.; GAMA, E.E.G. Cultivares para o consumo verde. In: PEREIRA FILHO, I.A. (ed.). **O cultivo do milho verde**. Brasília: Embrapa, 2003. 210 p.

PEREIRA FILHO, I.A.; CRUZ, J.C. **Cultivares de milho para o consumo verde**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 2002, 7 p. (Circular Técnica, 15).

PETERS, D.B.; PENDLETON, J.W.; HAGEMAN, R.H.; BROWN, C.M. Effect of night air temperature on grain yield of corn, wheat and soybeans. **Agronomy Journal**, Madison, v. 63, p. 809, 1971.

PIANA, A.T. ; SILVA, P.R.F.; BREDEMEIER, C.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M.; SERPA, M.S.; JANDREY, D.B. Densidade de plantas de milho híbrido em semeadura precoce no Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, p. 2608-2612, 2008.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13. ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 401 p.

PORTER, P.M.; HICKS, D.R.; LUISCHEN, W.E.; FOND, J.H.; WARNES, D.D.; HOVERSTAD, T.R. Corn response to row width and plant population in the northern corn belt. **Journal of Production Agriculture**, Madison, v. 10, p. 293-300, 1997.

PORTIS, A.R.; PARRY, M.A.J. Discoveries in rubisco (ribulose 1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase): a historical perspective. **Photosynthesis Research**, New York, 94: 121–143, 2007.

PRETT, S. Comparison of seasonal thermal indices for measurement of corn maturity in a prairie environment. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.72, p.1157-1162, 1992.

PROGRAMA MULTIINSTITUCIONAL DE DIFUSÃO DE TECNOLOGIA EM MILHO DO RIO GRANDE DO SUL. **Recomendações técnicas para a cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre : FEPAGRO; EMATER/RS; FECOAGRO/RS, 1999. 146p. (Boletim Técnico, 6).

RADIN, B.; BERGAMASCHI, H.; REISSER JUNIOR, C.; BARNI, N.A.; MATZENAUER, R.; DIDONÉ, I.A. Eficiência de uso da radiação fotosinteticamente ativa pela cultura do tomateiro em diferentes ambientes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 9, p. 1017-1023, 2003.

RADIN, B.; SANTOS, A.O.; BERGAMASCHI, H.; ROSA, L.M.G.; GERGONCI, J.I. Estimativa da evapotranspiração da cultura do milho pelo método Penman-Monteith modificado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 8, n. 2, p. 185-191, 2000.

RAJCAN, J.; SWANTON, C.J. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the whole plant. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 71, p. 139-150, 2001.

RANGARAJAN, A.; INGALL, B.; ORFANEDES, M.; WOLFE, D. Row spacing and cultivar affects ear yield and quality of early planted sweet corn. **Hort Technology**, Alexandria, v. 2, n. 3, p. 410-415, 2002.

RESENDE, M.; OLIVEIRA, A.C. Comparação de diferentes estratégias de programação de irrigação suplementar em milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Goiânia, v. 4, n. 2, p. 205-214, 2005.

RESENDE, M.; ALVES, V.M.C.; FRANÇA, G.E.; MONTEIRO, J.A. Manejo de irrigação e fertilizantes na cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 164, p. 26-34, 1990.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J. **How a corn plant develops**. Ames, Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).

RIVINGTON, M.; BELLOCHI, G.; MATTHEWS, K.B.; BUCHAN, K. Evaluation of three model estimations of solar radiation at 24 UK stations. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.132, p.228-243, 2005.

RIZZARDI, M.A.; BOLLER, W.; DALLOGLIO, R.C. Distribuição de plantas de milho, na linha de semeadura, e seus efeitos nos componentes de produção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 8, p. 1231-1236, 1994.

ROCHA, D.R. **Desempenho de cultivares de milho verde submetidas a diferentes populações de plantas em condições de irrigação**. Tese (Doutorado em Agronomia). Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista (UNESP). 2008. 106 p.

RUSSEL, W.A. Genetic improvement of maize yields. **Advances in Agronomy**, Cambridge, v. 46, n. 1, p. 245-298, 1991.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 4. ed. Belmont: Wadsworth Publishing, 1992. 681 p.

SANGOI, L., ZANIN, C.G.; SILVA, P.R.F.; SALDANHA, A.; VIEIRA, J.; PLETSCH, A.J. Uniformidade no desenvolvimento e resposta de cultivares de milho ao incremento na população de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 8, n.1, p. 69-81, 2009.

SANGOI, L.; SCHMIT, A.; ZANIN, C.G. Área foliar e rendimento de grãos de híbridos de milho em diferentes populações de plantas. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 6, n.3, p. 263-271, 2007.

SANGOI, L.; GUIDOLIN, A.F.; COIMBRA, J.L.M.; SILVA, P.R.F. Resposta de híbridos de milho cultivados em diferentes épocas à população de plantas e ao despendoamento. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 5, p. 1367-1373, 2006.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.A.; HORN, D.; SCHWEITZER, C.; SCHIMITT, A.; BIANCHET, P. Rendimento de grãos, produção e distribuição de massa seca de híbridos de milho em função do aumento da densidade de plantas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 11, n. 1, p. 25-31, 2005.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; GRACIETTI, M.; BIANCHET, P.; HORN, D. Sustentabilidade do colmo em híbridos de milho de diferentes épocas de cultivo em função da densidade de plantas. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 1, n. 2, p.1, 2002a.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G. Bases morfo-fisiológicas para a maior tolerância dos híbridos modernos de milho a altas densidades de plantas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, n. 2, p. 101-110, 2002b.

SANGOI, L.; LECH, V.A.; RAMPAZZO, C.; GRACIETTI, L.C. Acúmulo de matéria seca em híbridos de milho sob diferentes relações entre fonte e dreno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.3, p.259-267, 2002c.

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

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

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; BOGO, A.; KOTHE, D.M. 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, 2000.

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

SANGOI, L.; SALVADOR, R.J. Agronomic performance of male-sterile and fertile maize genotypes at two plant populations. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 377-388, 1996.

SANTOS, N.C.B. **Comportamento de cultivares de feijoeiro e de milho verde em cultivo solteiro e consorciado**. Tese (Doutorado em Agronomia). Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista (UNESP). 2007. 99 p.

SCAPIM, C.A. **Cruzamentos dialélicos entre sete variedades de milho doce (*Zea mays* L.) e correlações entre caracteres de importância agrônômica e comercial**. (Dissertação – Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1994, 96 p.

SCHEEREN, B.R.; BAZONI, R.; BONO, J.A.; ARIAS, S.S.; OLIVEIRA, R.; SALOMÃO, L. Arranjo populacional para a cultura do milho na região central do Estado de Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum-Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 55-60, 2004.

SEARSBROOK, C.E.; BOSS, B.D. Leaf area index and radiation as related to corn yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 57, p. 459-471, 1973.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, London, v. 52, p. 591-611.

SHAW, R.H. Climate Requirement. In: SPRAGUE, G.F.; DUDLEY, J.W. (ed.) **Corn and corn improvement**. 3 ed. Madison: ASA, CSSA, SSA, 1988. 986 p.

SILVA, P.R.F.; PIANA, A.T.; MAASS, L.B.; SERPA, M.S.; SANGOI, L.; VIEIRA, V.M.; ENDRIGO, P.C.; JANDREY, D.B. Adequação da densidade de plantas à época de semeadura em milho irrigado. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 48-57, 2010.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; REZERA, F. Resposta de híbridos de milho irrigado à densidade de plantas, em três épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 4, p. 585-595, 1999.

SILVA, P.S.L.; DUARTE, S.R.; OLIVEIRA, F.H.T. Efeito da densidade de plantio sobre o rendimento de espigas verdes de cultivares de milho desenvolvidas em diferentes épocas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 2, p. 154-158, 2007.

SILVA, P.S.L.; OLIVEIRA, F.H.T.; SILVA, P.I.B. Efeitos da aplicação de doses de nitrogênio e densidades de plantio sobre os rendimentos de espigas verdes e de grãos de milho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 2 n. 3 p. 452-455, 2003.

SINGLETERY, G.W.; BANISADR, R.; KEELING, P.L. Heat stress during grain filling in maize: effects on carbohydrate storage and metabolism. **Australian Journal Plant Physiology**, Sidney, n. 21, p. 829-841, 1994.

SOUZA, I.R.P.; MAIA, A.H.N.; ANDRADE, C.L.T. **Introdução e avaliação de milho doce na região do Baixo Paranaíba**. Teresina: Embrapa/CNPAC, 1990. 7 p. (Série Pesquisa em Andamento, n. 3).

SOUZA, J.J.R. **A utilização do método de projeto em experimento de avaliação de cultivares de milho doce para agroindústria na região de Morrinhos-GO**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2005. 144 p.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and procedures of statistics**. New York : McGraw -Hill, 1960. 481 p.

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

STUDENT. The probable error of a mean. **Biometrika**, London, v. 6, p. 1-25, 1908.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 185-187.

TEIXEIRA, F.F.; GAMA, E.E.G.; PAES, M.C.D.; COSTA, F.M. **Aspectos agronômicos e de qualidade de espiga em famílias endogâmicas de milho doce**. Sete Lagoas: Embrapa/CNPMS, 2009. 6 p. (Circular Técnica, 121).

TEIXEIRA, F.F.; SOUSA, I.R.P.; GAMA, E.E.G.; PACHECO, C.A.P.; PARENTONI, S.N.; SANTOS, M.X.; MEIRELLES, W.F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, p. 483-488, 2001.

TERRA, T.F. **Análises citogenéticas e moleculares em populações de milho (*Zea mays* L.), teosinto (*Zea mexicana* L.) e em híbridos entre as duas espécies**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica (PUC), 2004, 76 p.

TETIO-KAGHO, F.; GARDNER, F.P. Responses of maize to plant population density. II. Reproductive development, yield and yield adjustments. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, n. 5, p. 935-940, 1988.

THOMAS, H. Canopy survival. In: BAKER, N.R.; THOMAS, H. (ed.). **Crop photosynthesis: spatial and temporal determinants**. Amsterdam: Elsevier, 1992. p. 11-41.

TOLLENAAR, M.; HUNTER, R.B. A photoperiod and temperature sensitive period for leaf number in maize. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 457-460, 1983.

TRACY, W.F. **Sweet corn**. In: HALLAUER, A.R. (ed.). Specialty corn. Boca Raton, 2001. p. 155-198.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (**USDA**). Disponível em: <<http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentId=1564>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2010.

VALENTINUZ, O.R.; TOLLENAAR, M. Vertical profile of leaf senescence during the grain filling period in older and newer maize hybrids. **Crop Science**, Madison, v. 44, p. 827-834, 2004.

van RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas, São Paulo: IAC, 1996. 285p. (IAC., Boletim técnico, 100).

van RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Agronômica Ceres, Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

VEGA, C.R.C.; ANDRADE, F.H.; SADRAS, V.O.; UHART, S.A.; VALENTINUZ, O.R. Seed number as a function of growth: a comparative study in soybean, sunflower and maize. **Crop Science**, Madison, v.41, p.748-754, 2001.

VIEIRA, M.A.; CAMARGO, M.K.; DAROS, E.; ZAGONEL, J.; KOEHLER, H.S. Cultivares de milho e população de plantas que afetam a produtividade de espigas verdes. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 81-86, 2010.

VIEIRA, M.A. **Cultivares e população de plantas na produção de milho verde**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2007. 78 p.

VILLA NOVA, N.A.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; PEREIRA, A.R.; OMETTO, J.C. Estimativa de graus-dia acumulados acima de qualquer temperatura base, em função das temperaturas máxima e mínima. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v. 30, p. 1-7, 1972.

WANN, E.V. **Sweet corn, that home garden favorite for good nutrition and eating pleasure**. Washington: USDA, 1977. (USDA. Information Bulletin, 409).

WARRINGTON, I.J.; KANEMASU, E.T. Corn growth response to temperature and photoperiod I. Seedling emergence, tassel initiation and anthesis. **Agronomy Journal**, Madison, v. 75, p. 749-754, 1983.

WATERS JÚNIOR, L.; BLANCHETTE, B. Prediction of sweet corn field emergence by conductivity and cold tests. **Journal of American Society Horticulture Science**, Alexandria, v. 108, n. 5, p. 78-781, 1983.

WESTGATE, M.E. Seed formation in maize during drought. In: BOOTE, K.J.; BENNETT, J.M.; SINCLAIR, T.R.; PAUSEN, G.M. (ed.). **Physiology and determination of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy, 1994. Cap. 15, p. 361-364.

WESTGATE, M.E.; BOYER, J.S. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. **Crop Science**, Madison, v. 26, p. 951-956, 1986.

WIETHÖLTER, P. **Análise da variabilidade genética em genótipos de milho crioulo** (*Zea mays* ssp. *mays*). Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2005. 86 p.

WISLIE, C.P. **Crop adaptation and distribution.** São Francisco: W.H. Freeman and Company, 1962. 448 p.

WOLF, E.A. Possibilities of improving eating quality of shipped fresh corn with high sugar retention property of the shrunken-2 character. **Proceedings-Florida State Horticultural Society**, Florida, v. 75, p. 236-239, 1962.

ZÁRATE, N.A.H.; VIEIRA, M.C. Produção do milho doce cv. Superdoce em sucessão ao plantio de diferentes cultivares de inhame e adição de cama-de-frango. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.1, Brasília, p.05–09, 2003.