

**Universidade de São Paulo**  
**Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Vigor de sementes e desempenho de plantas na cultura de milho**

**Vitor Henrique Vaz Mondo**

**Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Ciências. Área de concentração:  
Fitotecnia**

**Piracicaba**  
**2009**

Vitor Henrique Vaz Mondo  
Engenheiro Agrônomo

**Vigor de sementes e desempenho de plantas na cultura de milho**

**Orientador:**  
**Prof. Dr. SILVIO MOURE CICERO**  
**Coorientador:**  
**Prof. Dr. DURVAL DOURADO NETO**

**Tese apresentada para obtenção do título de  
Doutor em Ciências. Área de concentração:  
Fitotecnia**

**Piracicaba  
2009**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Mondo, Vitor Henrique Vaz  
Vigor de sementes e desempenho de plantas na cultura de milho / Vitor Henrique Vaz  
Mondo. - - Piracicaba, 2009.  
83 p. : il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2009.  
Bibliografia.

1. Crescimento vegetal 2. Grãos - Produção 3. Milho 4. Plantas - Competição  
5. Sementes - Vigor I. Título

CDD 633.15  
M741v

**"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"**

Aos meus pais, Djair e Silvina,  
a minha querida irmã, Bianca,  
e a minha namorada Adriana

DEDICO



## AGRADECIMENTOS

- A Deus pela minha existência e à minha família, por todas as ocasiões em que me apoiaram e estiveram presentes ao meu lado.
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, em especial ao Departamento de Produção Vegetal e à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela oportunidade concedida para realização deste trabalho.
- Aos Professores Dr. Silvio Moure Cicero e Dr. Durval Dourado Neto, pela orientação, amizade, colaboração, oportunidade e pelas suas contribuições à minha formação profissional.
- Aos Professores Dr. Miller B. McDonald e Dr. Mark A. Bennett da “Ohio State University” pela colaboração, oportunidade e contribuições à minha formação profissional.
- Aos Professores Dr. Júlio Marcos Filho, Dra. Ana Dionísia da Luz Coelho Novembre e à Eng<sup>a</sup>. Agr<sup>o</sup>. M.Sc. Helena Maria Carmignani Pescarin Chamma, por todo auxílio e amizade oferecidos.
- Ao Professor Dr. Pedro Jacob Christoffoleti pela contribuição na área de competição de plantas.
- Aos amigos, Engenheiros Agrônomos, M.Sc. Victor Domiciano de Silos Labonia, M.Sc. Murilo Sala Moreira, M.Sc. Túlio Lourenço Pupim, M.Sc. Saul Jorge Pinto de Carvalho e aos moradores da República Gato Preto por todo o auxílio e companheirismo.
- Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da USP/ESALQ, em especial à Luciane Aparecida Lopes, Adilson de Jesus Teixeira, João Elias Jabur Filho, Hodair

Banzatto Junior, Rafael Augusto Aragon Rodrigues, Edson Ademir de Moraes, Ananias Ferreira de Souza, Erreinaldo Bortolazzo, e amigos Marcos Agostinho Petean Gomes, Marcel Olivetti Trivelin, André Siqueira Rodrigues Alves, Marcelo Gimenes, Rafael Vivian, entre outros que foram fundamentais para a realização deste trabalho.

- Aos amigos e companheiros do setor de Tecnologia de Sementes, em especial à Taís Leite Ferreira Pinto, Francisco Guilhien Gomes Junior, José Luis de Marchi, Victor Augusto Forti, Marcos Altomani Neves Dias e a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

- À empresa Dow AgroScience pelo auxílio e fornecimento de sementes.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	9
ABSTRACT .....	11
1 INTRODUÇÃO .....	13
Referências.....	15
2 VIGOR DE SEMENTES E DESEMPENHO DE PLANTAS DE MILHO.....	17
Resumo.....	17
Abstract.....	18
2.1 Introdução.....	19
2.2 Material e Métodos.....	22
2.3 Resultados e Discussão.....	29
2.3.1 Crescimento inicial de plantas.....	31
2.3.2 Produtividade.....	41
2.4 Conclusão.....	50
Referências.....	50
3 VIGOR DE SEMENTES E DESEMPENHO DA CULTURA DE MILHO.....	55
Resumo.....	55
Abstract.....	56
3.1 Introdução.....	57
3.2 Material e Métodos.....	59
3.3 Resultados e Discussão.....	67
3.4 Conclusão.....	78
Referências.....	78
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83





## RESUMO

### Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho em campo

Sementes de alto potencial fisiológico permitem rápida emergência de plântulas e maior crescimento inicial de plantas em relação às provenientes de sementes de baixo potencial fisiológico. Quando na mesma população de plantas, a desuniformidade de crescimento resultante pode influenciar na capacidade competitiva das plantas e ter efeitos diretos no desempenho individual das plantas bem como da população de plantas. Assim, o objetivo da pesquisa foi estudar os efeitos da utilização de lotes constituídos por sementes de milho de alto ou de vigor mais baixo, bem como de lotes resultantes da misturas desses em diferentes proporções, simulando-se a utilização de lotes de sementes homogêneos e heterogêneos quanto ao vigor das sementes, sobre desempenho de plantas e sobre o desempenho da cultura. O experimento foi realizado em dois anos consecutivos, entre novembro de 2006 e junho de 2008, sendo utilizadas sementes certificadas de milho híbrido simples (DOW 8480) provenientes de dois lotes de sementes caracterizados como de alto vigor e de vigor mais baixo. Para tanto, utilizou-se sete distribuições de sementes na linha de semeadura, nas proporções de 100/0, 75/25, 67/33, 50/50, 33/67, 25/75 e 0/100, de sementes de alto vigor e de vigor mais baixo, respectivamente. Em cada distribuição, foram analisadas plantas dispostas em diferentes posições de semeadura e nível de vigor e, também, a média geral da população de plantas. As plantas foram avaliadas quanto ao crescimento inicial, mensurando-as quanto à altura, diâmetro de colmo e índice de área foliar nos estádios fenológicos de quatro e oito folhas. No momento da colheita, avaliou-se o acúmulo de massa de matéria seca, o número de grãos por fileiras, número de fileiras de grãos por espiga, massa de 1000 grãos e a produtividade de grãos. Assim, constatou-se que as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo obtiveram crescimento inicial inferior em relação às originadas de sementes de alto vigor, o que contribui para a desuniformidade da população de plantas e resultou na menor capacidade competitiva destas. Quando em populações de plantas uniformes (lotes de sementes homogêneos) o efeito do vigor das sementes decresceu com a sucessão das fases de desenvolvimento da cultura e desapareceram no final do ciclo, porém, quando em populações desuniformes (lotes de sementes heterogêneos), o efeito do vigor das sementes manteve-se até o final do ciclo, sendo ainda constatado na colheita. Individualmente observou-se que as plantas originadas de sementes de alto vigor exerceram efeito dominante sobre as originadas de sementes de vigor mais baixo, porém, não exerceram efeito compensatório e, as perdas resultantes do aumento da competição intraespecífica afetaram negativamente a produção por área. Dessa forma, a desuniformidade de emergência, em função da heterogeneidade de vigor entre as sementes de um lote de sementes, propicia a ocorrência de plantas dominadas, as quais, originadas de sementes de vigor mais baixo, produzem individualmente menos e são responsáveis por perdas de produção de grãos por área.

Palavras-chave: Competição intraespecífica; Potencial fisiológico; Produção de grãos; *Zea mays* L



## ABSTRACT

### Seed vigor and performance of maize plants in the field

High physiological potential seeds allow faster seedling emergence and higher plant initial growth than low physiological potential seeds. Within plant populations, the uneven seedling emergence could affect plant competitive ability for resources (light, water and soil nutrients) and have direct effects on plant grain yield and population grain yield. Therefore, the objective of this research was to study the effects of using seed lots constituted by high vigor seeds or low vigor seeds, as well as their mixtures, simulating seed lots homogeneous and heterogeneous on seed vigor, on plant performances and crop performances. A two-year experiment was developed from November 2006 to June 2008, using two seed lots of maize hybrid seeds (DOW 8480), previously characterized as high vigor and low vigor, on seven different seed distributions on the sowing row, at proportions of 100/0, 75/25, 66/33, 50/50, 33/66, 25/75 and 0/100 of high vigor and low seed vigor seeds, respectively. The plants of different vigor levels and positions in the sowing row were evaluated by plant height, stem diameter and leaf area index at development stages of four and eight leaves. At harvest, dry mass accumulation, number of grains per row, number of rows per ear, thousand grain mass and grain yield were also evaluated. It was observed that plants originated from low vigor seeds had inferior initial growth than plants originated from high vigor seeds and it had intensified the irregularity of plant population resulting on lower competitive ability for these plants. On uniform plant populations (homogeneous seed lots) seed vigor effects decreased with plant development stages succession, disappearing until harvest, however, on irregular plant populations (heterogeneous seed lots), it persisted until harvest. Also, individual plants originated from high vigor seeds showed dominant effects on plants originated from low vigor seeds, but did not show compensatory effects and the losses resultant from the intra-specific competition increase affected negatively plant population yield. Therefore, the uneven seedling emergence, caused by seed vigor heterogeneity, results on dominated plants, which are originated from low vigor seeds, with lower productivity and are responsible for plant population yield losses.

Keywords: Intra-specific competition; Physiological potential; Yield; *Zea mays* L.



## 1 INTRODUÇÃO

No agronegócio brasileiro, em termos de área explorada, a cultura de milho (*Zea mays* L.) é a segunda mais cultivada, atrás somente da cultura de soja, sendo o Brasil o terceiro produtor mundial, com produção de 51,6 milhões de toneladas (FAO, 2009). Apresenta, também, números significativos quanto à taxa de utilização de sementes, sendo uma das mais altas, com 83 % na safra 2008/2009, o que representou a comercialização de 223.747 t de sementes de milho no ano de 2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS - ABRASEM, 2009).

O negócio de sementes de milho no Brasil engloba cerca de 20 empresas produtoras de sementes, as quais, criam, desenvolvem, produzem e comercializam seus produtos. Nesse mercado extremamente concorrido exigem-se materiais de excelente qualidade, trabalhando-se praticamente apenas com materiais híbridos e desses, em torno de 60 % híbridos simples. Além disso, a cultura de milho está em um panorama que é conhecido como de alta tecnologia, onde além de sementes de altíssima qualidade, são utilizados produtos fitossanitários e fertilizantes de última geração e, ainda, máquinas de elevado valor, resultando em altos custos de produção, que são confrontados com altas produtividades almejadas.

De forma geral, durante o processo de produção de sementes, vários são os fatores que podem influenciar na homogeneidade do lote de sementes, entre eles a população de plantas, o grau de maturação das sementes, a fertilidade do solo, a presença de plantas daninhas, o método de colheita e o beneficiamento do material produzido. Em decorrência disso, mesmo o lote de sementes possuindo alta qualidade, com resultados de germinação e vigor elevados, dentro desse lote existem sementes de vigor mais baixo que poderão proporcionar baixo desempenho das plantas em campo.

O aumento da produtividade de grãos na cultura de milho ou em qualquer cultura está diretamente vinculado à maximização da exploração do ambiente, que ocorre de forma mais efetiva quanto há uniformidade entre as plantas dentro da cultura. Dessa forma, a uniformidade de emergência de plântulas e o crescimento inicial de plantas em lavouras comerciais é algo fundamental para que a competição entre as plantas seja equilibrada e todas tenham a mesma capacidade de uso dos recursos como luz, água e

nutrientes. Assim, o crescimento mais lento de plântulas e, conseqüentemente, de plantas, proporcionará a essas menor capacidade de competição por esses recursos com as plantas vizinhas, possivelmente resultando em plantas dominadas por aquelas com maior crescimento e até em perdas em produtividade.

Na cultura de milho, uma das espécies com menor capacidade de ajuste ao estande de plantas inadequado, o aumento da competição intraespecífica e a ocorrência de plantas dominadas assume grande importância e pode ser responsável por perdas significativas em produtividade de grãos. Nesse contexto, visto que estão envolvidos altos custos de produção, ajustes para obtenção do aumento de produtividade nos campos de produção de milho são fundamentais. Além disso, no ponto de vista do mercado de sementes, onde são produzidos lotes de altíssima qualidade, a busca contínua por melhorias nos detalhes do sistema de produção de sementes a fim de obter lotes de melhor qualidade, seja o aumento de 1 % na germinação ou a produção de lotes de sementes mais vigorosos, pode ser responsável pela manutenção da posição da empresa dentro do mercado, bem como na conquista de novos espaços.

Assim, este trabalho foi realizado com a hipótese de que sementes de baixo potencial fisiológico resultam em emergência de plântulas mais lenta e desuniforme em relação às provenientes de sementes de alto potencial fisiológico, resultando em menor capacidade de competição intraespecífica e, possivelmente, refletindo em perdas de produtividade (produção por planta e por área).

O presente trabalho teve o objetivo de estudar os efeitos do uso de lotes constituídos por sementes de milho de alto ou de vigor mais baixo, bem como de lotes resultantes da misturas desses em diferentes proporções, simulando-se o uso de lotes de sementes homogêneos e heterogêneos quanto ao vigor das sementes, sobre desempenho de plantas (desempenho individual das plantas dentro da população) e sobre o desempenho da cultura (desempenho geral da população de plantas).

## Referências

ABRASEM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SEMENTES E MUDAS. **Anuário 2009 – Adotando os avanços tecnológicos.** Pelotas, 2009. 82p.

FAO. **FAOSTAT database results.** Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 03 abr. 2009.





## 2 VIGOR DE SEMENTES E DESEMPENHO DE PLANTAS DE MILHO

### Resumo

Sementes de alto potencial fisiológico permitem rápida emergência de plântulas e maior crescimento inicial de plantas em relação às provenientes de sementes de baixo potencial fisiológico, com possíveis reflexos na produtividade de grãos. Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa, estudar os efeitos do uso de lotes constituídos por sementes de milho de alto ou de vigor mais baixo, bem como de lotes resultantes da misturas desses em diferentes proporções, simulando-se o uso de lotes de sementes homogêneos e heterogêneos quanto ao vigor das sementes, sobre o crescimento inicial e produtividade das plantas. O experimento foi conduzido em dois anos consecutivos, sendo utilizadas sementes de milho provenientes de dois lotes, previamente caracterizados quanto ao vigor das sementes, em sete distribuições na linha de semeadura, nas proporções de 100/0, 75/25, 67/33, 50/50, 33/67, 25/75 e 0/100, de sementes de alto vigor e de vigor mais baixo, respectivamente. Dentro de cada distribuição, analisaram-se individualmente plantas dispostas em diferentes níveis de vigor e posições de semeadura. Para as avaliações, as plantas foram mensuradas quanto à altura, diâmetro de colmo e índice de área foliar nos estádios fenológicos de quatro e oito folhas. Na colheita, foram avaliados o acúmulo de massa de matéria seca de plantas, número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos por planta. Plantas originadas de sementes de vigor mais baixo foram inferiores às plantas originadas de sementes de alto vigor para todas as variáveis de crescimento inicial de plantas, independentemente da distribuição de sementes e posição de semeadura. Para os componentes de produção, as plantas de vigor mais baixo não foram inferiores nas distribuições onde houve 100 % de um tipo de semente (lotes de sementes homogêneos), porém, para as demais distribuições (lotes de sementes heterogêneos) foram inferiores em acúmulo de massa de matéria seca de planta, número de grãos por fileira e produtividade de grãos. Assim, o vigor de sementes está diretamente relacionado ao crescimento inicial das plantas de milho; porém, seus efeitos não persistem até o final do ciclo da cultura quando há o uso de lotes homogêneos quanto ao vigor das sementes. No entanto, o uso de lotes heterogêneos quanto ao vigor de sementes resulta em maior competição intraespecífica proporcionando menor capacidade competitiva às plantas originadas de sementes de vigor mais baixo, sendo estas dominadas pelas originadas de sementes de alto vigor, refletindo negativamente em produção por planta.

Palavras-chave: Competição intraespecífica; Potencial fisiológico; Plantas dominadas; *Zea mays* L

## MAIZE SEED VIGOR AND PLANT PERFORMANCE

### Abstract

Seeds of high physiological potential allow faster emergence of seedlings providing higher plant initial growth in relation to low physiological potential seeds and it could have effects on maize grain yield. The objective of this work was to study the effects of using seed lots constituted by high vigor seeds or low vigor seeds, as well as their mixtures, simulating seed lots homogeneous and heterogeneous on seed vigor, on plant initial growth and plant yield. The experiment was conducted on two consecutive years using two seed lots previously characterized by vigor tests on seven different distribution in the sowing row at proportions of 100/0, 75/25, 67/33, 50/50, 33/67, 25/75 and 0/100, of high vigor seeds and low vigor seeds. The plants of different vigor levels and positions in the sowing row were evaluated by plant height, stem diameter and leaf area index at development stages of four and eight leaves. At harvest, dry mass accumulation, number of grains per row, number of rows per ear, thousand grain mass and grain yield were also evaluated. Plants from high vigor seeds presented higher initial growth than plants originated from low vigor seeds, independently of seed distribution and position in the sowing row. In the comparison for yield components between plants stemming from high vigor and low vigor seeds, when the percentages of one type of seed were 100 % (homogeneous lots), occurred similarity, however, plants from low vigor seeds were inferior at treatments with other seed distributions (heterogeneous lots). Summarizing, seed vigor is directly related to maize plants initial growth, but those effects do not continue until harvest when using seed vigor homogeneous lots. However, the use of seed vigor heterogeneous lots results in lower competition capacity for plants originated from low vigor seeds in an intra-specific competition, resulting in dominated plants with lower growth and reflecting negatively on plant grain yield.

Keywords: Intra-specific competition; Seed vigor; Dominated plants; *Zea mays* L

## 2.1 Introdução

O potencial fisiológico de sementes ainda encontra-se como o principal foco de atenção dos tecnologistas de sementes, sendo representado pela germinação e pelo vigor das sementes, determinando a capacidade da semente em estabelecer uma plântula normal. De modo geral, segundo Marcos Filho (2005), as manifestações do baixo potencial fisiológico de lotes de sementes podem ser atribuídas à menor velocidade de germinação, maior sensibilidade das sementes e plântulas a estresses durante esse processo e plantas com crescimento vagaroso, reduzido, desuniforme e com menor desenvolvimento radicular. Essa menor velocidade de emergência deve-se ao fato de que sementes de baixo vigor, antes de dar início ao crescimento do eixo embrionário demandarem tempo para a restauração de organelas e tecidos danificados (VILLIERS, 1973).

Segundo Marcos Filho (1999), o vigor de sementes tem efeito direto na habilidade da planta acumular massa de matéria seca, mas à medida que os estádios se sucedem, essa influência tende a reduzir e o desempenho da planta torna-se mais dependente das relações genótipo e ambiente, não sendo esperada influência sobre produtividade final, quando não há diminuição do estande de plantas. No entanto, Larsen et al. (1998) afirmaram que a influência do vigor pode existir mesmo quando não há diferenças no estande inicial. Tais autores consideraram que sementes menos vigorosas proporcionam emergência de plântulas mais lenta e, embora as diferenças no crescimento inicial possam se atenuar com o decorrer do ciclo das plantas, o crescimento das plantas provenientes de sementes de baixo vigor geralmente continua menor e elas apresentam maior sensibilidade a adversidades do ambiente.

Dessa forma, sementes de baixo vigor podem provocar reduções na velocidade de emergência de plântulas, no tamanho inicial de plantas, na área foliar, nas taxas de crescimento das plantas e no acúmulo de massa de matéria seca, (SCHUCH, 1999; SCHUCH et al., 2000; MACHADO, 2002; HÖFS, 2003), podendo afetar além do estabelecimento da cultura, o seu desempenho ao longo do ciclo, bem como a produtividade final. TeKrony, Egli e Wickham (1989) afirmaram que o vigor das sementes pode afetar o crescimento inicial das culturas, mas o efeito tende a

desaparecer no final do ciclo, o que foi constatado por Schuch et al. (2000) em aveia-preta. Assim, a influência do vigor das sementes sobre a emergência das plântulas em campo, o estabelecimento do estande e o desenvolvimento inicial das plantas é um consenso tanto para a comunidade científica quanto para o setor produtivo, especialmente sob condições menos favoráveis de ambiente (MARCOS FILHO, 2005).

No entanto, o estudo de plantas em população é diferente da análise de plantas de forma isolada, onde as plantas estão livres do efeito de competição (ALMEIDA; MUNDSTOCK, 2001a). De acordo com Harper (1977) um indivíduo em uma população sofre efeitos de restrição sobre a taxa de crescimento em função da presença e arranjo dos vizinhos na população de plantas. Os efeitos da competição entre plantas acontecem tanto quando as plantas estão em maior população ou quando são dominadas por plantas vizinhas que emergiram mais rapidamente (MEROTTO JUNIOR et al., 1999), como por exemplo, em função do vigor das sementes. Nessa situação a desuniformidade na velocidade de emergência afetará o desenvolvimento do dossel da cultura, sendo que plântulas que emergirem primeiro sombrearão as plantas com emergência mais tardia (POMMEL et al., 2002). Além disso, as plantas de emergência atrasada podem apresentar menor crescimento da parte aérea e do sistema radicular, resultando em menor capacidade de competição por água, luz e nutrientes (MEROTTO JUNIOR et al., 1999). Assim, a maior velocidade na emergência e a produção de plântulas de tamanho maior, podem proporcionar às plantas provenientes das sementes de alto vigor vantagem inicial no aproveitamento dos recursos disponíveis.

O uso de lotes de sementes heterogêneas quanto ao vigor das sementes pode promover desuniformidade na emergência de plântulas e, também, no crescimento inicial das plantas. Dessa forma, as plantas que emergem primeiramente e obtêm maior crescimento de parte aérea afetarão a intensidade e composição de luz incidente sobre as plantas com menor crescimento na população vegetal, conseqüentemente, podendo refletir no crescimento e na produtividade final individual dessas plantas. Kolchinski, Schuch e Peske (2005), avaliando o crescimento individual de plantas em populações de plantas de soja, verificaram que as plantas provenientes de sementes de alto vigor apresentaram maior produtividade de grãos dentro das populações, no entanto, não apresentaram dominância sobre as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo

adjacentes na linha de semeadura. Resultados semelhantes foram encontrados por Melo et al. (2006b) e Mielezrski et al. (2008), em trabalhos com sementes de arroz, mostrando que plantas originadas de sementes de alto vigor apresentaram produtividade superior às plantas originadas de sementes de vigor mais baixo.

Outro fator que afeta a produtividade de grãos de milho é a variabilidade verificada entre plantas numa mesma lavoura. Ford e Hicks (1992) observaram reduções na produtividade de grãos de milho de 5,0 e 12,8 % quando se atrasou, respectivamente, em sete e quatorze dias a semeadura de 50 % da quantidade de sementes. Em contrapartida, Merotto Junior et al. (1999), também trabalhando com a cultura de milho, observaram que as plantas que emergiram tardiamente foram dominadas e ocorreu compensação por parte das plantas que emergiram primeiro, no entanto, essa compensação não foi suficiente para proporcionar produtividade final semelhante ao de uma população com emergência uniforme.

De forma geral, a idéia de competição entre plantas vizinhas é conhecida desde que o Homem iniciou a desenvolver a agricultura, porém, o efeito da competição entre plantas de uma mesma espécie ainda permanece um tema atual (MELO et al., 2006b). Por outro lado, são escassos os trabalhos em que relacionaram os efeitos do vigor das sementes sobre a uniformidade de emergência de plântulas, o tamanho inicial das plantas e a taxa de crescimento da cultura com a posterior competição intraespecífica e seus reflexos na produtividade de grãos. Trabalhos nessa linha de pesquisa foram desenvolvidos recentemente por Kolchinski, Schuch e Peske (2005) em soja e por Melo et al. (2006b; 2006c) e Mielezrski et al. (2008) em arroz.

Além disso, pode-se dizer que o aumento da produtividade final de grãos de milho está diretamente ligado à maximização da exploração do ambiente, que acontece de forma mais efetiva quando existe uniformidade entre plantas, proporcionando baixa competição intraespecífica, principalmente na cultura de milho, que é uma das espécies de gramíneas mais sensíveis à competição intraespecífica (MADDONNI; OTEGUI, 2006).

Dessa forma, objetivou-se com esta pesquisa, estudar os efeitos da utilização de lotes constituídos por de sementes de milho de alto ou de vigor mais baixo, bem como de lotes resultantes da misturas desses em diferentes proporções, simulando-se a

utilização de lotes de sementes homogêneos e heterogêneos quanto ao vigor das sementes, sobre o crescimento inicial e produção das plantas.

## 2.2 Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (LPV/ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), no município de Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil (latitude: 22°42'30”S; longitude: 47°38'00”W; altitude 546 m) e no Laboratório de Biologia de Sementes do “Department of Horticulture and Crop Science” da “Ohio State University”, em Columbus, Ohio, Estados Unidos da América. Sendo realizada em dois anos consecutivos, entre o período de novembro de 2006 a julho de 2008. As precipitações pluviométricas e temperaturas médias do período de realização dos experimentos estão apresentadas na Figura 2.1.

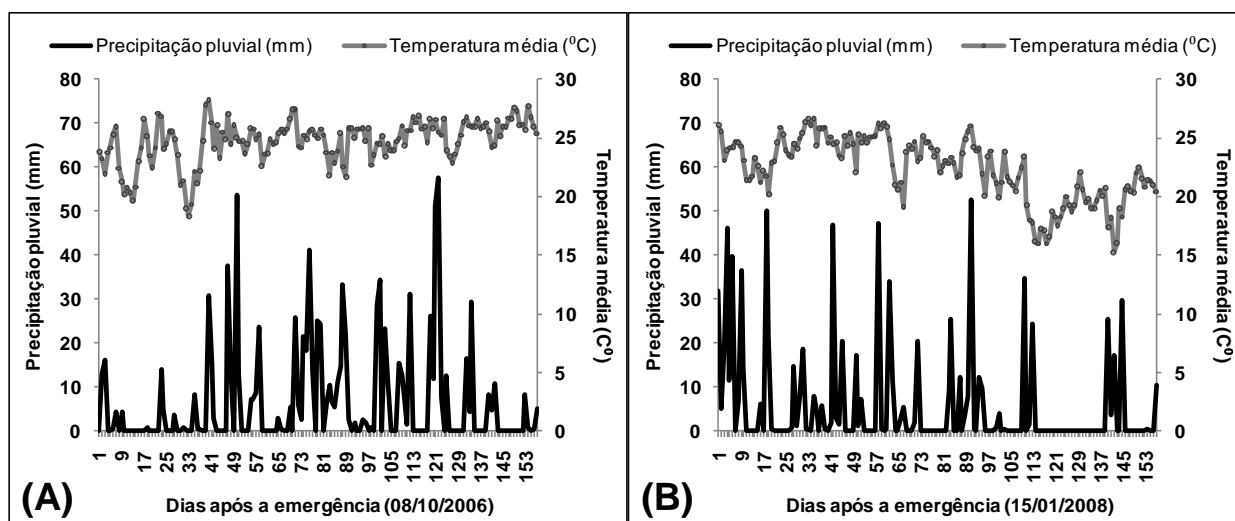


Figura 2.1 – Dados meteorológicos: precipitação pluviométrica e temperaturas médias diárias da estação USP/ESALQ, durante o ciclo da cultura de milho no primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008

Durante o primeiro ano de experimentação a cultura foi irrigada por aspersão via pivô central, disponibilizando, dessa forma, água suficiente para o desenvolvimento adequado da cultura. No segundo ano, a irrigação foi realizada apenas nos primeiros dias após a semeadura, permitindo, assim, a emergência adequada das plântulas e obtenção do estande de plantas almejado para o desenvolvimento do experimento. Dessa forma, foram caracterizadas duas condições de competição intraespecífica, uma minimizada (irrigada) e outra maximizada (não irrigada).

Para a realização do experimento foram utilizadas, em cada ano, sementes certificadas de milho provenientes de dois lotes de sementes, de mesma peneira, do híbrido simples DOW 8480, devidamente caracterizados como de alto vigor e de vigor mais baixo. As sementes foram cedidas pela empresa Dow AgroSciences, localizada na cidade de Cravinhos, Estado de São Paulo, Brasil. A caracterização dos lotes foi confirmada por meio da realização de testes fisiológicos, descritos a seguir.

*Teste de germinação:* foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes, por lote, em rolos de papel toalha "Germitest". A quantidade de água adicionada foi equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram acondicionados em germinador e mantidos à temperatura de  $25 \pm 1$  °C, no escuro. As contagens, no quarto e sétimo dia após a instalação do teste, seguiram os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), contabilizando-se a porcentagem de plântulas normais.

*Teste de envelhecimento acelerado:* foram colocadas quatro repetições de 50 sementes sobre tela de alumínio, distribuídas em uma única camada, em caixas plásticas transparentes (0,11 x 0,11 x 0,03 m) contendo no fundo 40 mL de água destilada. As caixas plásticas transparentes foram tampadas e mantidas em incubadora do tipo BOD, regulada a 42 °C, durante 96 horas, no escuro. Após esse período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme prescrição das Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992), com uma única avaliação no quarto dia após a instalação do teste, contabilizando-se a porcentagem de plântulas normais.

*Teste de frio:* foi utilizado o teste de frio com terra, em bandejas de plástico (0,34 x 0,23 x 0,07 m), com mistura de terra e areia na proporção 1:3. Foram semeadas 200



sementes por lote, sendo, em cada bandeja, distribuídas duas repetições de 50 sementes sobre um quilograma do substrato e em seguida cobertas com mais um quilograma do mesmo substrato. A disponibilidade de água do substrato foi ajustada para 70 % da sua capacidade de retenção. Para reduzir a evaporação, as bandejas foram protegidas com sacos plásticos transparentes e, em seguida, colocadas em câmara fria a 10 °C por sete dias. Após esse período, foram retirados os sacos plásticos e as bandejas foram transferidas para germinador a  $25 \pm 1$  °C, com iluminação contínua. A avaliação foi realizada após cinco dias, contabilizando-se a porcentagem de plântulas emersas.

*Teste de emergência de plântulas em campo:* foi conduzido com oito repetições de 50 sementes por lote, distribuídas em sulcos de 2,5 m de comprimento, espaçados 0,5 m entre linhas e com profundidade de 0,03 m, baseado em metodologia adotada por Fessel et al. (2000). A avaliação foi realizada diariamente, contabilizando-se as plantas emersas, para o cálculo da porcentagem total de plântulas emersas após a estabilização da emergência e para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE), empregando-se a fórmula apresentadas a seguir (MAGUIRE, 1962), onde N é o número de plantas emersas por dia e D é o número de dias após a instalação do teste.

$$IVE = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n}$$

*Teste de condutividade elétrica:* foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, as quais foram previamente pesadas e, em seguida, colocadas para embeber em um recipiente contendo 75 mL de água deionizada e mantidas em germinador à temperatura de  $25 \pm 1$  °C, por 24 horas, no escuro. Após esse período, foram feitas leituras da condutividade elétrica da solução em aparelho Digimed CD-20 e os resultados foram expressos em  $\mu\text{mho.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ , obtendo-se a condutividade média por lote.

*Análise computadorizada de plântulas:* realizada no Laboratório de Biologia de Sementes do “Department of Horticulture and Crop Science” da “Ohio State University”, em Columbus, Ohio, Estados Unidos da América, no período de setembro a dezembro

de 2008. Foram avaliados os lotes de sementes utilizados previamente na semeadura do experimento em campo em janeiro de 2008 e que foram armazenadas em câmara fria (10 °C) e seca (40 % de umidade relativa do ar) com o objetivo de preservar a qualidade dessas sementes, onde permaneceram até o envio para o local onde foi realizada a análise. As sementes foram colocadas para germinar e, em seguida, as plântulas resultantes foram avaliadas quanto ao crescimento e uniformidade de crescimento, utilizando-se o programa computacional “Seed Vigor Imaging System” (SVIS), desenvolvido na própria Universidade, seguindo métodos descritos por Hoffmaster et al. (2005). Para tanto, foram utilizadas cinco repetições de 40 sementes por lote, sendo estas dispostas de forma equidistante sobre uma folha de papel toalha umedecida e cobertas com mais uma. Em seguida, foram acondicionadas no interior de sacos plásticos transparentes para evitar a perda de água e levadas ao germinador regulado a temperatura de  $25 \pm 1$  °C por três dias, no escuro. A obtenção das imagens das plântulas e sementes mortas resultantes do teste de germinação foi realizada com o uso de um escâner Epson GT-15000, utilizando-se resolução de 100 dpi e as imagens obtidas no formato JPEG. Para a análise das imagens estipulou-se, como parâmetro para o índice de vigor, o crescimento máximo de plântulas em 6 polegadas (0,1524 m). Em seguida, estas foram processadas e mensuradas com o uso do programa computacional. Os valores de crescimento de plântulas e de uniformidade de desenvolvimento, combinados na porcentagem de 70 e 30 % respectivamente, resultaram no índice de vigor (IV), variável entre zero e 1000, conforme descrito por Hoffmaster et al. (2005).

Em campo foi utilizado delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de três linhas de milho de 11 m de comprimento, espaçadas 0,7 m, sendo consideradas como bordadura 0,5 m de cada extremidade da linha central e as duas linhas vizinhas, resultando como área útil 7 m<sup>2</sup>. As parcelas foram constituídas por diferentes distribuições de sementes de alto vigor e de vigor mais baixo ao longo da linha de semeadura, simulando o uso de lotes de sementes homogêneos e heterogêneos quanto ao vigor das sementes (Tabela 2.1), sendo analisadas dentro de cada distribuição as plantas originadas de sementes de alto

vigor (A) e as originadas de sementes de vigor mais baixo (b), totalizando 14 diferentes posições na linha de semeadura, ou seja 14 tratamentos.

O solo onde foi realizado o experimento é classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006), de textura argilosa, apresentando relevo plano a levemente inclinado. O preparo do solo foi realizado de forma convencional e a adubação e abertura de sulcos foram realizadas em seguida. Com base na análise química do solo e na necessidade para o desenvolvimento da cultura, usou-se a formulação 8-28-16 na dose de 400 kg.ha<sup>-1</sup> no sulco de semeadura, sendo distribuído de forma complementar, quando as plantas apresentavam cinco folhas completamente expandidas, 200 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia, totalizando, assim, 122 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio total.

Tabela 2.1 – Constituição das distribuições de sementes de alto e de vigor mais baixo utilizadas no experimento em campo. Piracicaba, 2007

Distribuição de plantas			Sementes de alto vigor	Sementes de vigor mais
Número	Proporção	Combinação	(%)	baixo (%)
1	1A:1A	AAAA*	100,0	0,0
2	3A:1b	bA <sub>2</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> b	75,0	25,0
3	2A:1b	bAAb	66,7	33,3
4	1A:1b	AbAb	50,0	50,0
5	1A:2b	AbbA	33,3	66,7
6	1A:3b	Ab <sub>2</sub> b <sub>1</sub> b <sub>2</sub> A	25,0	75,0
7	1b:1b	bbbb	0,0	100,0

\*A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas A ou duas plantas b, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta A e uma b.

Previamente à sementeira, as sementes foram tratadas quimicamente com inseticida Futur 300, de princípio ativo Thiodicarb, na dose de 2 L por 100 kg de sementes, visando o controle de pragas iniciais na cultura. Em seguida, a sementeira foi realizada em sulcos, previamente abertos e adubados, de acordo com as proporções de sementes especificadas anteriormente, utilizando-se sementeira manual com limitador de profundidade, regulado para 0,05 m. Utilizou-se espaçamento de 0,7 m entre linhas, e 0,2 m entre plantas, obtendo-se população de plantas de 71.429 plantas.ha<sup>-1</sup>. Em função da possível variação no potencial fisiológico entre as sementes do mesmo lote e para se obter plântulas mais representativas dos lotes de alto e de vigor mais baixo, foram semeadas três sementes por cova para as posições de alto vigor e quatro sementes por cova para as posições de vigor mais baixo, sendo realizado, posteriormente, desbaste deixando, no caso da posição de sementes de alto vigor, a plântula com emergência mais rápida e, para as posições de sementes de vigor mais baixo a plântula de emergência mais tardia. As covas com sementes de alto vigor foram identificadas no ato da sementeira com estacas para permitir a realização das determinações experimentais durante o ciclo da cultura.

O manejo de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do produto Atrazinax 500, de princípio ativo Atrazine, em pré-emergência da cultura na dose de 4 L.ha<sup>-1</sup> e em pós-emergência quando as plantas apresentavam quatro folhas completamente expandidas, na dose de 3 L.ha<sup>-1</sup>. Além disso, foi realizada capina manual em algumas parcelas visando a minimização da matocompetição. O controle de pragas foi realizado com o uso dos inseticidas de princípios ativos, Deltamethrina, Lufenuron, Spinosad e Clorpirifós, por meio de pulverizações e, também, de quimizações, após avaliações da necessidade de aplicação dos produtos.

Quanto às avaliações, todas foram realizadas em quatro plantas de cada nível de vigor e posição de sementeira. Os estádios fenológicos da cultura foram acompanhados de acordo com o procedimento citado por Fancelli e Dourado Neto (2000), com o intuito de identificar corretamente os momentos das avaliações, tendo como referência o desenvolvimento das plantas da distribuição com 100 % de plantas originadas de sementes de alto vigor.

Para análise do crescimento inicial de plantas foram realizadas avaliações do crescimento de parte aérea das plantas de milho, mensurados pelas variáveis altura de planta, diâmetro de colmo e índice de área foliar nos estádios fenológicos de quatro e oito folhas.

A altura das plantas foi determinada por meio da mensuração do comprimento desde o nível do solo até o ápice da planta, com o limbo foliar distendido, baseando em metodologia descrita por Melo et al. (2006a), juntamente com a determinação do diâmetro de colmo, que foi mensurado na base da planta, com o auxílio de um paquímetro. O índice de área foliar foi calculado pela razão entre a área foliar total de uma planta (AF) e a área de solo por ela ocupada, que é a multiplicação do espaçamento entre plantas na linha de semeadura e o espaçamento entre linhas de semeadura, seguindo procedimentos adotados por Silva, Argenta e Rezera (1999). Para tanto, a área foliar total (AF) foi estimada pela soma da área foliar de cada folha completamente aberta, calculada aplicando-se a equação apresentada a seguir, onde C e L representam, respectivamente, comprimento e largura média, em metros, de cada folha (MONTGOMERY, 1911).

$$AF = 0,75(C \cdot L)$$

No momento de colheita foram realizadas avaliações dos componentes de produção, acúmulo de massa de matéria seca, número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos.

Para a determinação do acúmulo de massa de matéria seca seguiu-se procedimentos adotados por Romano (2005). Para tanto, as plantas foram coletadas inteiras, picadas e colocadas dentro de sacos de papel e, em seguida, levados à estufa com circulação de ar, regulada a 65 °C, deixando-as até atingir massa constante; na seqüência foi utilizada uma balança analítica, com sensibilidade de 0,01 g, para a pesagem do material. Ainda, a esse valor foi somada a massa de matéria seca total da espiga de cada planta.

Para o restante das avaliações foram colhidas as espigas das plantas que foram avaliadas individualmente, sendo as espigas secadas ao sol para redução do teor de

água. Na sequência, foi avaliado o número de fileiras por espiga e, posteriormente, estas debulhadas manualmente. Após isso, todos os grãos de cada espiga foram contados e pesados em balança analítica, com sensibilidade de 0,01 g, e os valores corrigidos para 13 % de teor de água.

A massa de mil grãos foi determinada a partir da separação de subamostra de 1000 grãos das plantas colhidas, cujas massas foram determinadas em balança com sensibilidade de 0,01 g, sendo tais procedimentos efetuados segundo as prescrições nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

As determinações do teor de água dos grãos foram efetuadas pelo método de estufa a  $105 \pm 3$  °C durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Para a análise estatística aplicou-se teste F para a análise da variância e, na ocorrência de efeitos significativos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott (SCOTT; KNOTT, 1974), com 5 % de significância.

### **2.3 Resultados e discussão**

Para o primeiro ano (Tabela 2.2), os dois lotes de sementes utilizados apresentaram resultados semelhantes quanto à germinação. Por outro lado, para os testes de vigor, embora não tenham sido constatadas diferenças entre os lotes para os testes de envelhecimento acelerado, de frio e de condutividade elétrica, para os testes realizados em campo, o de emergência de plântulas e o índice de velocidade de emergência, foram observadas diferenças de desempenho, e a partir desses resultados pôde-se classificar o lote um como de alto vigor e o lote dois como de vigor mais baixo.

Tabela 2.2 – Caracterização do potencial fisiológico das sementes de milho utilizadas no primeiro ano experimental: germinação (G; %); envelhecimento acelerado (EA; %); teste de frio (TF; %); emergência de plântulas em campo (EC; %); índice de velocidade de emergência (IVE); condutividade elétrica (CE;  $\mu\text{mhos.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ). Piracicaba, 2006

Lote	G	EA	TF	EC	IVE	CE
1	98 <sup>ns</sup>	95 <sup>ns</sup>	84 <sup>ns</sup>	96a*	13,85a	20,945 <sup>ns</sup>
2	95	88	79	92b	12,73b	21,348
CV(%)	1,93	6,74	4,60	1,55	3,50	4,13

\*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Os lotes utilizados no segundo ano (Tabela 2.3), também, foram similares quanto a germinação; no entanto, considerando os resultados dos testes de vigor, os lotes apresentaram diferenças nos testes de envelhecimento acelerado, de frio, de condutividade elétrica e índice de velocidade de emergência. Assim, baseando-se nesses resultados foram classificados como de alto vigor o lote um, e de vigor mais baixo o lote dois.

Tabela 2.3 – Potencial fisiológico das sementes de milho utilizadas no segundo ano experimental: germinação (G; %); envelhecimento acelerado (EA; %); teste de frio (TF; %); emergência de plântulas em campo (EC; %); índice de velocidade de emergência (IVE); condutividade elétrica (CE;  $\mu\text{mhos.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ ); índice de vigor (IV); índice de crescimento (IC); índice de uniformidade (IU). Piracicaba, 2007

Lote	G	EA	TF	EC	IVE	CE	IV*	IC*	IU*
1	100 <sup>ns</sup>	98a**	99a	98 <sup>ns</sup>	15,96a	17,823a	853 a	836 a	896 a
2	98	91b	51b	96	14,77b	23,765b	493 b	336 b	862 b
CV (%)	2,45	0,61	10,55	2,39	2,85	5,97	5,15	8,88	2,06

\*Testes realizados com o programa “Seed Vigor Imaging System” na “The Ohio State University”, Columbus, 2008. \*\*Médias seguidas por letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. <sup>ns</sup>Não significativo pelo teste F, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Apesar de não constatadas diferenças para porcentagem de plântulas emersas no teste de frio entre os lotes no primeiro ano, observou-se que o crescimento das plântulas foi visualmente diferente. Dessa forma, para os dois lotes utilizados no segundo ano, visando análise complementar e mais precisa, baseada nas características morfológicas das plântulas, realizou-se avaliação dos lotes de sementes com o programa computacional “Seed Vigor Imaging System”. Tal programa gera um índice de vigor composto por índices de crescimento e uniformidade de desenvolvimento, devido a estes componentes serem considerados essenciais na avaliação do vigor de sementes, e ainda mais importantes nesse tipo de trabalho, onde se estuda o crescimento da planta em função do vigor das sementes. Portanto, para que um lote seja considerado de alto vigor, suas plântulas devem ser bem desenvolvidas e com grande uniformidade de crescimento dentro do lote de sementes. Tal técnica possibilita a análise dimensional de imagens com rapidez e precisão, sendo o resultado, valores numéricos calculados a partir da quantificação computadorizada do comprimento das partes das plântulas. Assim, com os resultados dessa análise, apresentados na Tabela 2.3, foi possível identificar grandes diferenças de vigor, principalmente quanto ao índice de crescimento de plântulas, sendo, também, constatadas para índice de uniformidade de crescimento e, conseqüentemente, para o índice de vigor.

### 2.3.1 Crescimento inicial de plantas

Com os resultados obtidos para as variáveis de altura de planta, diâmetro de colmo e índice de área foliar, foi possível identificar claramente o efeito do vigor das sementes no crescimento inicial das plantas. Esses resultados, de forma geral, estratificaram as plantas originadas de sementes de alto vigor, denominadas plantas A, das originadas de sementes de vigor mais baixo, denominadas plantas b. Assim, tanto nas distribuições homogêneas quanto nas heterogêneas quanto ao vigor das sementes, as plantas A foram superiores às plantas b.

Esse efeito no crescimento inicial das plantas, visto como um impulso ao crescimento, era esperado, baseando-se em trabalhos que vem sendo realizados



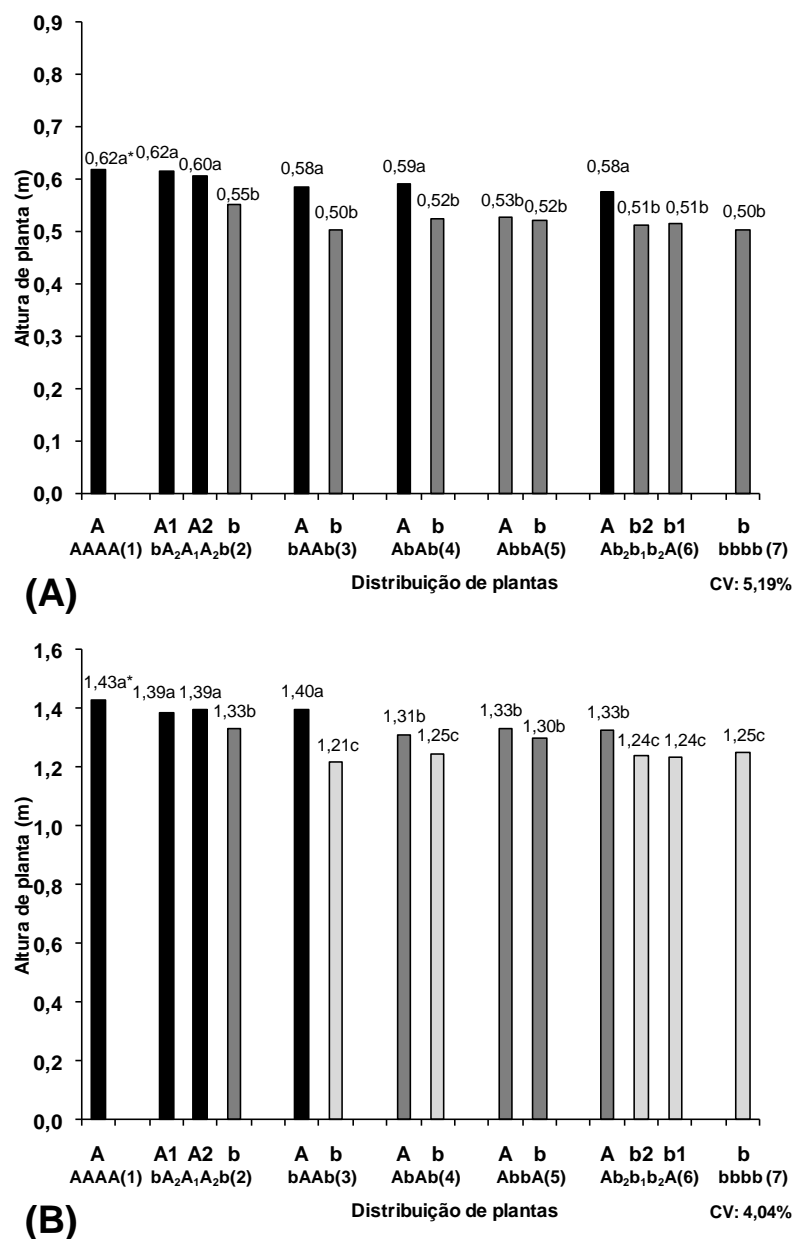
comparando-se o efeito do vigor das sementes sobre o crescimento inicial de plantas (TEKRONY, EGLI e WICKHAM, 1989; SCHUCH et al., 2000; KOLCHINSKI, SCHUCH e PESKE, 2006).

As diferenças em altura de plantas, cujos resultados estão apresentados nas Figuras 2.4 e 2.5, para o primeiro e segundo ano experimental, respectivamente, puderam ser observadas em dois estádios fenológicos diferentes. Para o primeiro ano tanto para o estágio de quatro folhas (Figura 2.4A) quanto para o estágio de oito folhas (Figura 2.4B) pôde-se observar que as plantas A, com exceção para a distribuição cinco (33 % de plantas A), foram superiores, comparadas a todas as plantas b. No segundo ano, as diferenças entre tratamentos foram semelhantes, sendo que nas duas avaliações, com quatro folhas (Figura 2.5A) e oito folhas (Figura 2.5B), as plantas A foram superiores às plantas b dentro de cada distribuição, independentemente da distribuição de semente. Nesse contexto, Pommel et al. (2002) descreveram que plantas emersas tardiamente e rodeadas por plantas emersas previamente devem mostrar em algum momento o atraso no estágio foliar e crescimento em altura de plantas, o que foi realmente constatado no presente trabalho para essa variável.

De maneira semelhante, para a variável diâmetro de colmo, as diferenças encontradas para a variável diâmetro de colmo, Figuras 2.6 e 2.7, para o primeiro e segundo ano experimental, respectivamente, foi possível identificar dois grupos de plantas, um composto por plantas A e um grupo composto por plantas b, este segundo com crescimento inferior ao primeiro, tanto para as avaliações no estágio fenológico de quatro folhas (Figuras 2.6A e 2.7A) quanto no estágio fenológico de oito folhas (Figuras 2.6B e 2.7B).

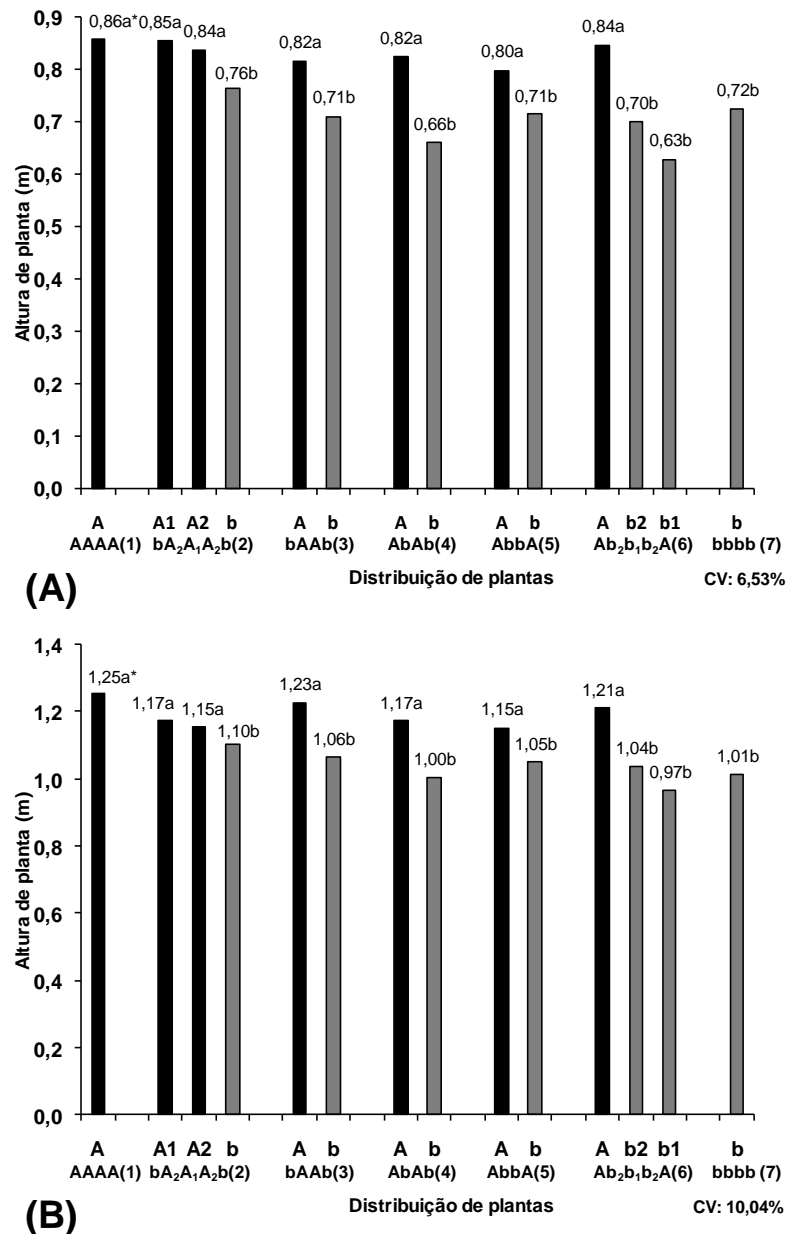
As diferenças de altura de plantas e de diâmetro de colmo foram observadas tanto nas distribuições com sementes de diferentes níveis de vigor, condições consideradas heterogêneas, quanto nas distribuições com apenas sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo, consideradas homogêneas. Isso demonstra que até o estágio fenológico de oito folhas o efeito da competição intraespecífica entre plantas ainda não pode ser observado, sendo as diferenças de crescimento inicial relacionadas diretamente à qualidades das sementes.

Para a variável índice de área foliar, Figura 2.8 para o primeiro ano e Figura 2.9 para o segundo ano experimental, respectivamente, com os resultados obtidos foi possível observar a superioridade de crescimento das plantas A perante as b, tanto no estágio fenológico de quatro folhas (Figuras 2.8A e 2.9A) quanto no de oito folhas (Figuras 2.8B e 2.9B). Esses resultados foram similares aos obtidos para as variáveis de crescimento de plantas anteriormente discutidas e corroboram com os encontrados em trabalhos realizados com arroz (MELO et al., 2006b; MIELEZRSKI et al., 2008) e soja (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2006) para área foliar. Em outros trabalhos desenvolvidos para o estudo dos efeitos do vigor das sementes sobre o desempenho de plantas, também foi constatado o mesmo efeito sobre área foliar (SCHUCH, 1999; MACHADO, 2002; HÖFS et al., 2004). Para a cultura de milho, Pommel et al. (2002) encontraram resultados semelhantes quanto a área foliar, acrescentando que as plantas de emergência tardia, obtiveram menores áreas foliares perante as plantas emersas previamente.



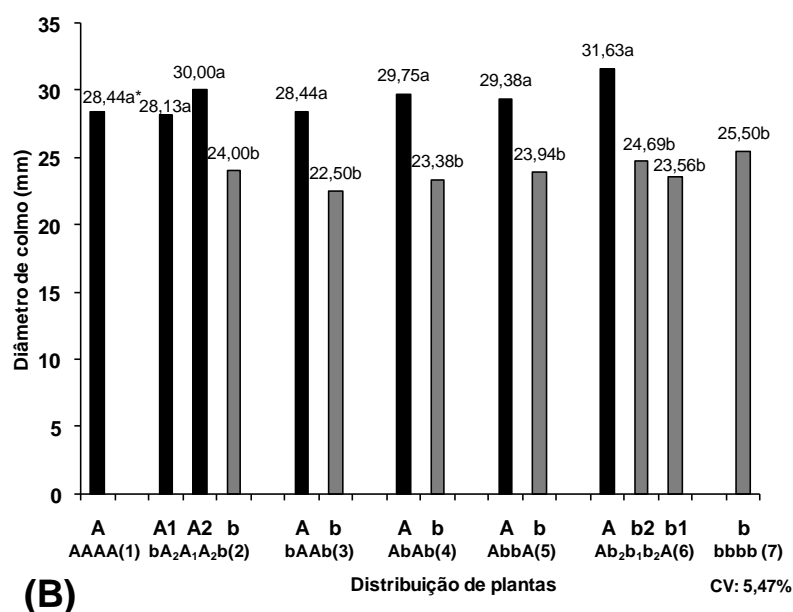
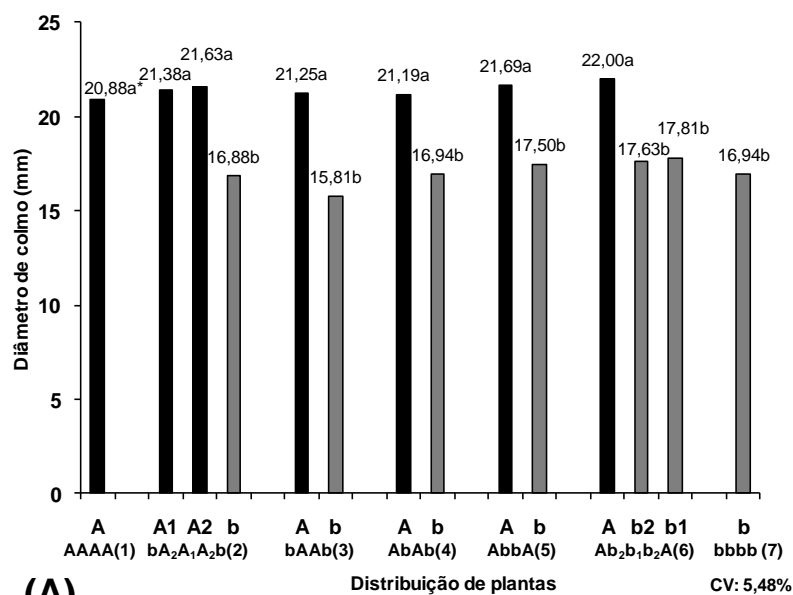
A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo.\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.4 – Altura individual de plantas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo nos estádio de quatro (A) e oito (B) folhas no primeiro ano experimental. Piracicaba, 2007



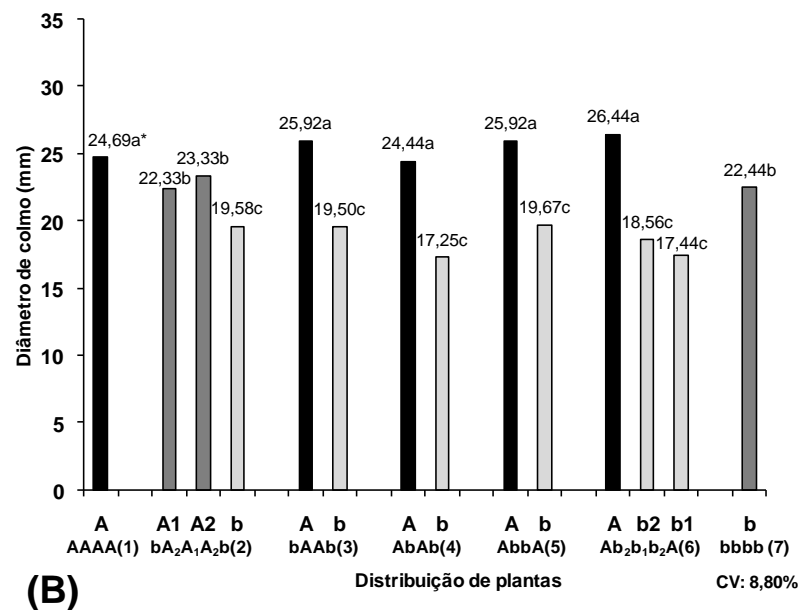
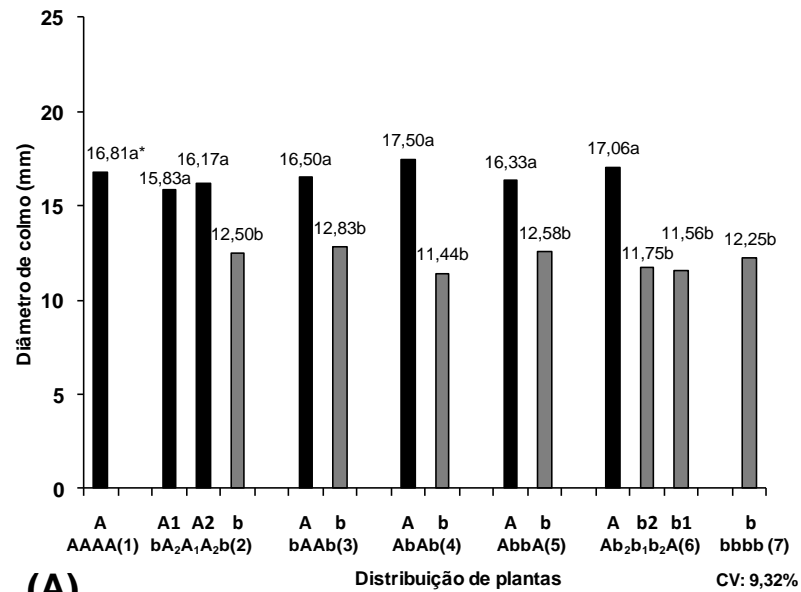
A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo.\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.5 – Altura individual de plantas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo nos estádio de quatro (A) e oito (B) folhas no segundo ano experimental. Piracicaba, 2008



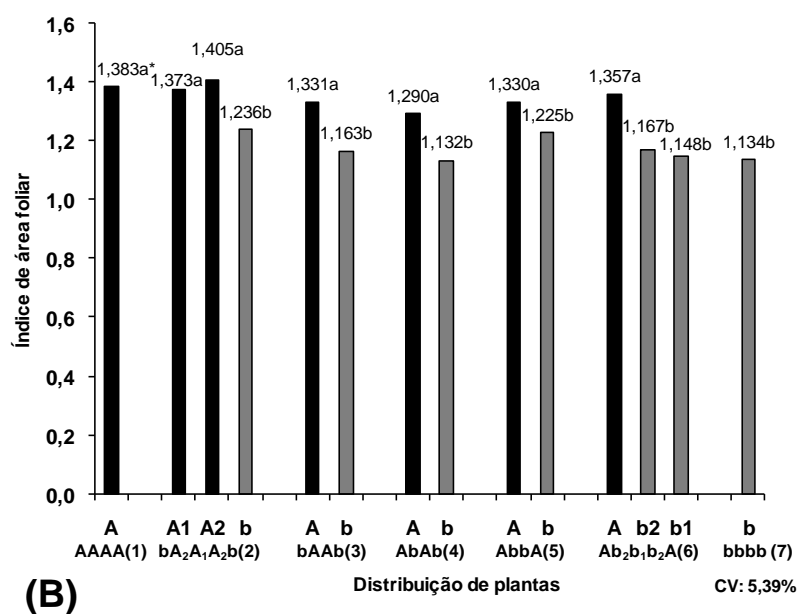
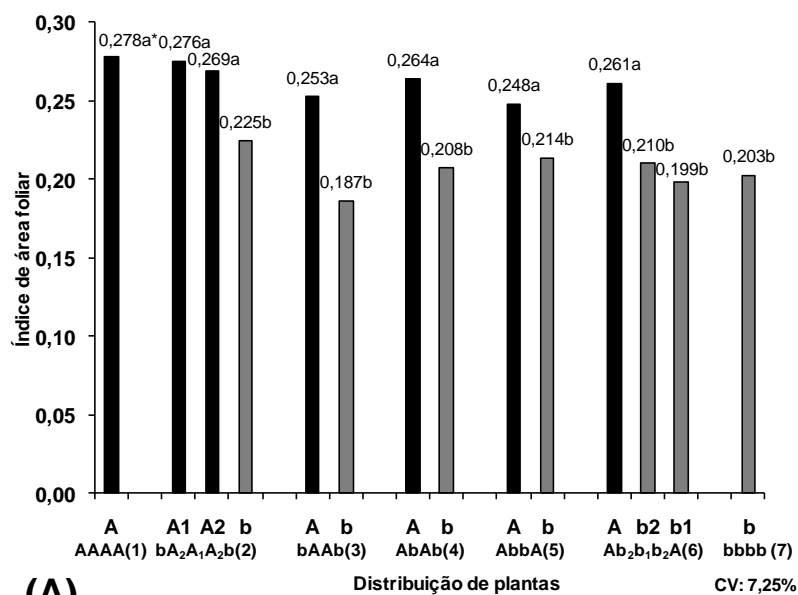
A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo.\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.6 – Diâmetro individual de colmo de plantas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo nos estádio de quatro (A) e oito (B) folhas no primeiro ano experimental. Piracicaba, 2007



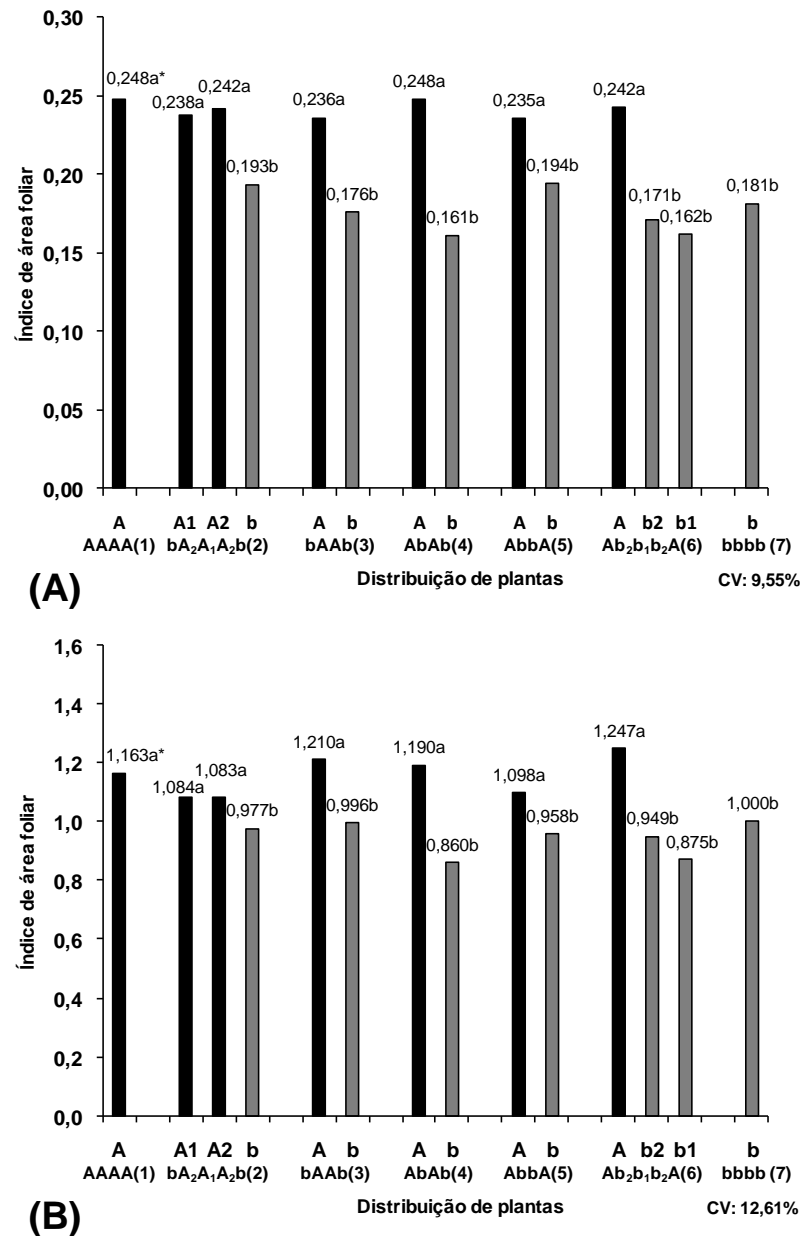
A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo. \*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.7 – Diâmetro individual de colmo de plantas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo nos estádio de quatro (A) e oito (B) folhas no segundo ano experimental. Piracicaba, 2008



A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo. \*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.8 – Índice individual de área foliar de plantas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo nos estádio de quatro (A) e oito (B) folhas no primeiro ano experimental. Piracicaba, 2007



A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo.\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.9 – Índice individual de área foliar de plantas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo nos estádio de quatro (A) e oito (B) folhas no segundo ano experimental. Piracicaba, 2008



Conforme observado com os resultados de crescimento inicial de plantas, as plantas b apresentaram menor crescimento de parte aérea, porém a medida que os estádios de desenvolvimento se sucederam, essa influência do vigor sobre o crescimento das plantas tendeu a ser reduzido, tornando o desempenho da planta mais dependente das relações genótipo e ambiente. Conforme destacado por Marcos-Filho (1999), não é esperada influência do potencial fisiológico das sementes sobre a produtividade final, para as plantas produtoras de grãos, quando não há redução significativa no estande inicial.

No entanto, na competição por recursos dentro das populações de plantas (cultura), o rápido crescimento da parte aérea e sistema radicular serão decisivos para o futuro do indivíduo, pois é durante a fase de crescimento que se manifestam as características de plasticidade fenotípica e, sobretudo, as ações modificativas em relação às condições do habitat (LARCHER, 2000).

Entretanto, a variabilidade de crescimento inicial das plantas em parcelas semeadas com lotes heterogêneos pode intensificar a competição intraespecífica dentro da população de plantas. Segundo Weiner (1990), as plantas de menor crescimento terão suas folhas em nível abaixo àquelas de plantas com maior crescimento, onde haverá menor penetração de radiação solar e a competição passará a ser desigual. Ainda, Pommel et al. (2002), confirmaram que a desuniformidade de emergência de plântulas resulta em diferenciação de interceptação de luz em plantas individuais.

Independentemente da distribuição, não foram constatadas diferenças de crescimento inicial entre plantas A ou entre plantas b, podendo-se inferir que não houve efeito dominante entre plantas até o estágio fenológico de oito folhas. Entretanto, a variabilidade existente entre as plantas dentro das distribuições semeadas com lotes heterogêneos revela a existência de plantas com capacidade competitiva diferentes, conforme destacado por Edmeades e Daynard (1979).

Observou-se, também, que a menor disponibilidade de água durante o segundo ano proporcionou competição intraespecífica maximizada, justificando os resultados mais expressivos nas avaliações comparados ao primeiro ano, caracterizado como condição de competição intraespecífica minimizada por ter sido conduzido de forma irrigada.

### 2.3.2 Produtividade

Em relação ao acúmulo de massa de matéria seca por plantas, avaliada no final do ciclo da cultura (Figuras 2.10), de forma geral, os resultados de superioridade de crescimento inicial de plantas se mantiveram. Com os resultados para o primeiro ano (Figura 2.10A), observou-se a superioridade das plantas A sobre as plantas b, em todas as distribuições de sementes. No segundo ano (Figura 2.10B), com exceção para distribuição com 100 % de plantas b (distribuição sete), os resultados do primeiro ano foram confirmados. Essa superioridade de acúmulo de massa de matéria seca condiz com os encontrados em trabalhos realizados com arroz (MELO et al., 2006b), milho (POMMEL et al., 2002) e soja (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2006).

De acordo com Höfs (2003), as plantas originadas de sementes de alto potencial fisiológico apresentam maior eficiência na produção de biomassa seca, sendo as diferenças reduzidas com o desenvolvimento das plantas, mas ainda mensuráveis ao final do ciclo da cultura. Tais resultados são condizentes com os encontrados neste trabalho. Ainda, em trabalho realizado por Almeida e Mundstock (2001b), estudando o efeito da desuniformidade da profundidade de semeadura em sementes de aveia, concluiu-se que a competição intraespecífica resultante da emergência desuniforme de plântulas afetou a alocação de massa de matéria seca nas mesmas. Esse efeito pode ser comparado à utilização de sementes de diferentes níveis de vigor na linha de semeadura e que resultou desde o início do crescimento das plantas até a colheita, diferenças de crescimento entre plantas A e b. Segundo Maddonni e Otegui (2004), para plantas maiores há o aumento da capacidade competitiva e podem ser identificadas como plantas dominantes na população de plantas, em contraste àquelas com menor capacidade competitiva para captura de recursos, sendo as plantas dominadas.

Quando estudadas as variáveis componentes de produção de grãos, representada pelo número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa de mil grãos e a produtividade de grãos por planta, foi possível entender a influência de cada uma dessas variáveis sobre a produtividade de grãos.

Para a variável número de grãos por espiga, no primeiro ano (Figura 2.11A), diferenças entre plantas b e plantas A foram constatadas apenas nas distribuições três (67 % de plantas A), quatro (50 % de plantas A) e cinco (33 % de plantas A). Entretanto, no segundo ano (Figura 2.11B), devido provavelmente a condição de competição intraespecífica maximizada, as plantas b foram inferiores às plantas A em combinações heterogêneas quanto ao nível de vigor das sementes, ou seja, distribuições dois (75 % de plantas A), três (67 % de plantas A), quatro (50 % de plantas A), cinco (33 % de plantas A) e seis (25 % de plantas A). Assim, como encontrado para acúmulo de massa de matéria seca.

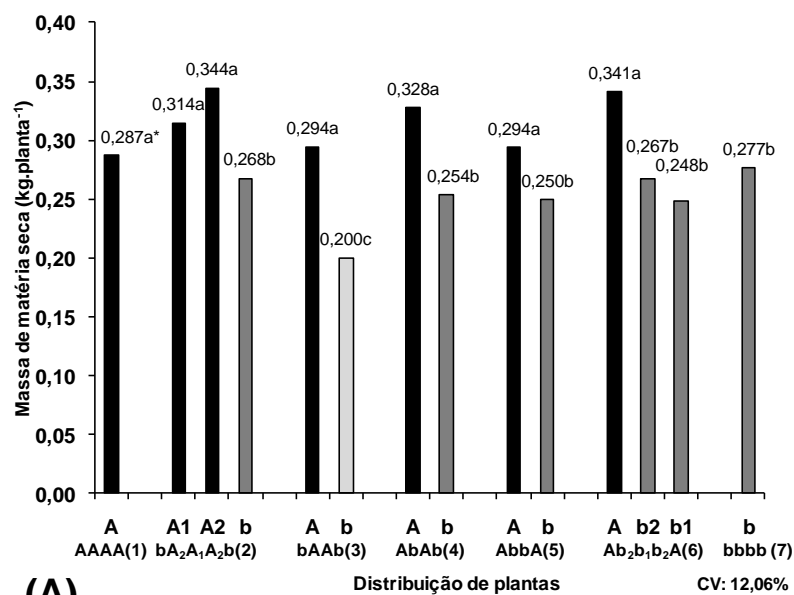
Quanto ao número de fileiras por espiga, não foram constatadas diferenças entre plantas A e b, independentemente da distribuição de plantas (Figura 2.12), demonstrando que para esse fator não houve influência do vigor das sementes e, conseqüentemente, da competição intraespecífica de plantas. Por meio desses resultados, foi possível inferir que até o estágio fenológico de oito folhas a competição intraespecífica não foi acentuada, visto que é nesse momento que o número de fileiras por espiga é definido (MAGALHÃES et al., 2002). Isso corrobora com os resultados encontrados para crescimento inicial de plantas onde ainda puderam ser encontradas diferenças até mesmo nas distribuições homogêneas, um e sete, onde houve o desenvolvimento uniforme da população de plantas.

Com a avaliação da variável massa de mil grãos, foi possível identificar melhores resultados para as plantas A nas distribuições dois (75 % de plantas A), quatro (50 % de plantas A) e seis (25 % de plantas A), apenas no primeiro ano (Figura 2.13A). No segundo ano (Figura 2.13B), não houve diferenças entre tratamentos. Salienta-se que a definição da densidade dos grãos ocorre no estágio fenológico de grãos leitosos (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000; MAGALHÃES et al., 2002), momento o qual, no segundo ano, coincidiu com período de aproximadamente 20 dias sem ocorrência de chuvas. Como a eficiência da translocação de fotoassimilados para os órgãos produtivos é dependente da disponibilidade de água (MAGALHÃES; DURÃES; OLIVEIRA, 1998), esse fator provavelmente não influenciou na ocorrência de diferenças entre os tratamentos nesse ano.

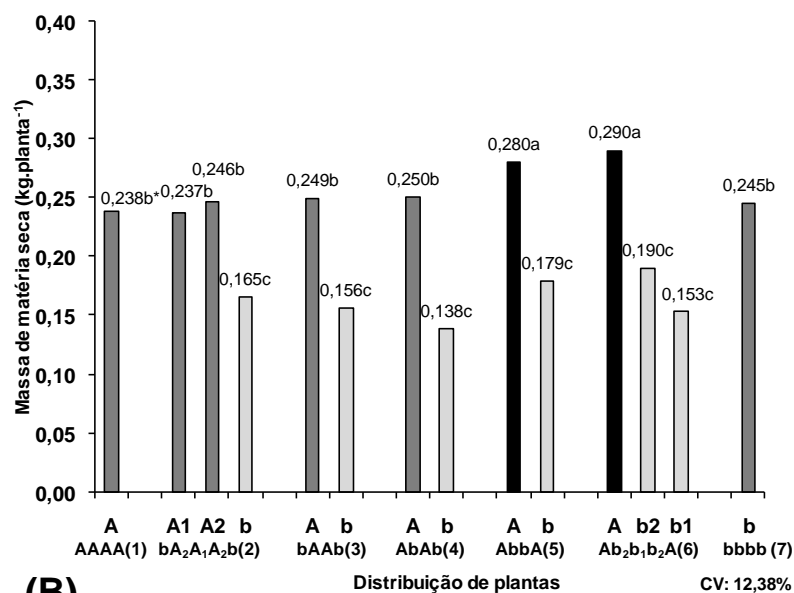
Enfim, para a variável produtividade de grãos por planta (Figura 2.14), os resultados encontrados foram condizentes com os obtidos em outras variáveis de componentes de produção analisadas, principalmente acúmulo de massa de matéria seca e número de grãos por fileira.

Assim, no primeiro ano (Figura 2.14A) as plantas A foram superiores às plantas b nas distribuições heterogêneas quanto ao nível de vigor das sementes, com exceção para a distribuição dois (75 % de plantas A), o que se refletiu de forma mais acentuada no segundo ano (Figura 2.14B), onde para esses tratamentos, todas as plantas b foram inferiores em produtividade de grãos em relação às plantas A.

Ainda, de forma geral para as variáveis de componentes de produção, acentuadamente no segundo ano experimental, as plantas dos tratamentos com distribuição homogênea, um e sete, independentemente do nível de vigor das sementes, apresentaram desempenho semelhante, demonstrando que apesar do crescimento inicial diferenciado, em função do vigor das sementes, o crescimento uniforme da população minimizou os efeitos de competição intraespecífica e nessa situação o efeito do vigor das sementes passou a ser menos evidente com a sucessão das fases de desenvolvimento da cultura, não sendo mais constatados no final do ciclo. Assim, a homogeneidade do lote de sementes quanto ao nível de vigor, seja este alto ou mais baixo, mostra-se fundamental para a obtenção de altas produtividades em campos de produção de milho, prevenindo a ocorrência de plantas dominadas, as quais apresentarão níveis de produtividade inferiores.



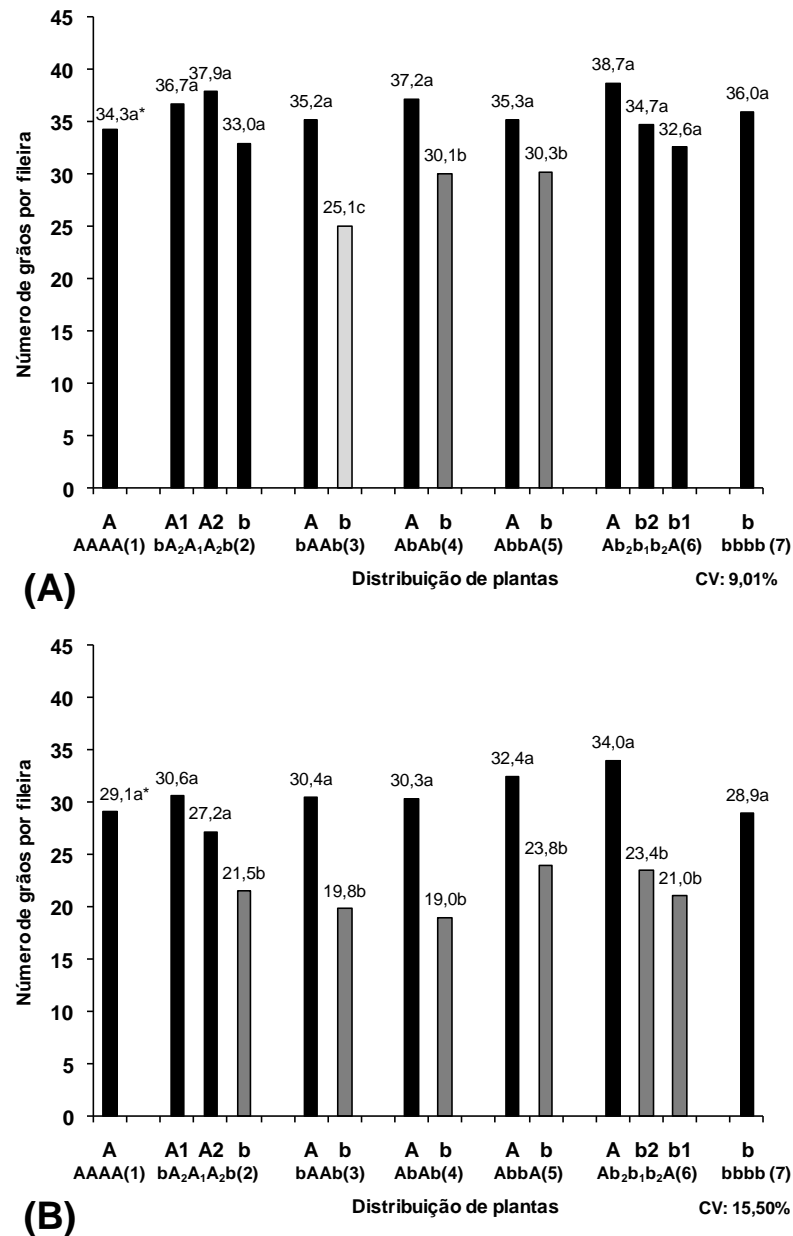
(A)



(B)

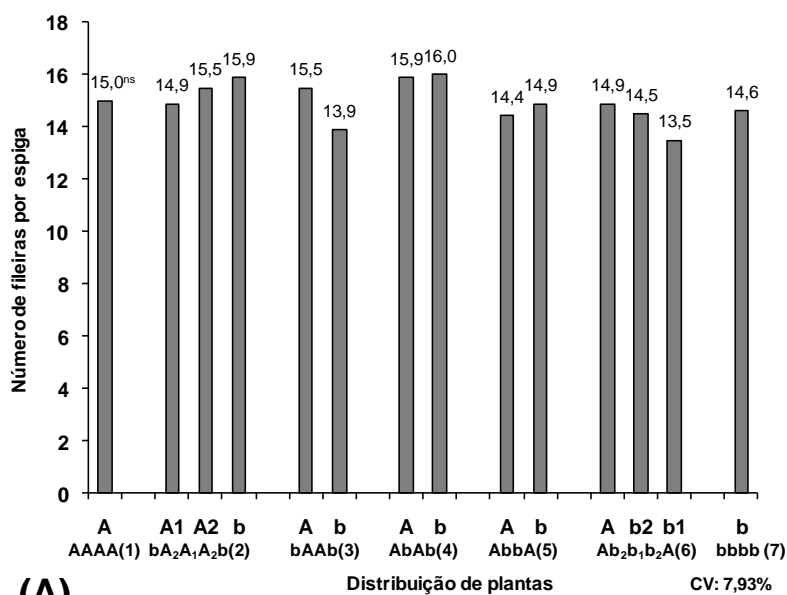
A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo.\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.10 – Massa individual de matéria seca de plantas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para a primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008

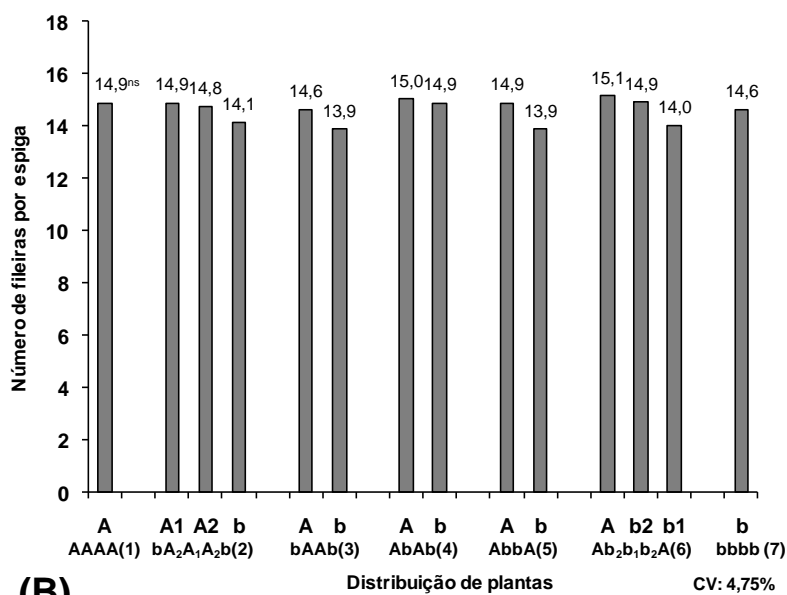


A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo.\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.11 – Número individual de grãos por fileira em espigas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para a primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008



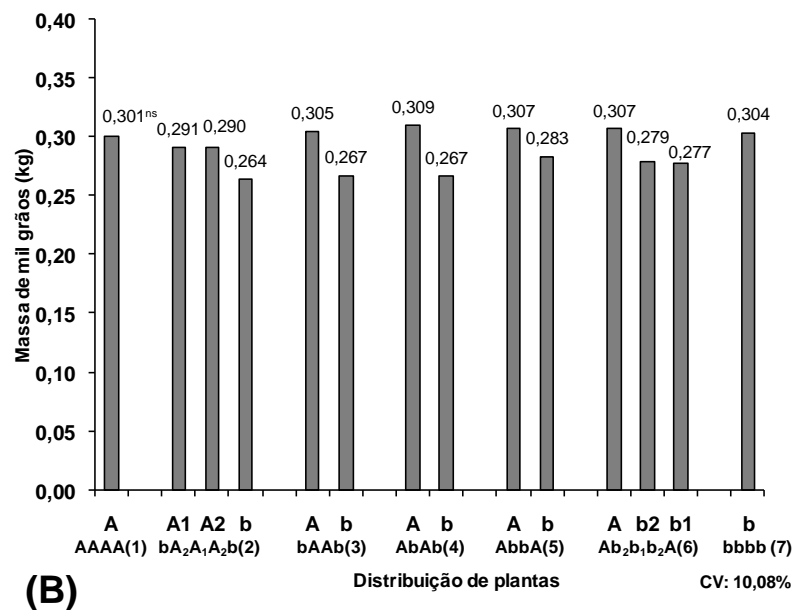
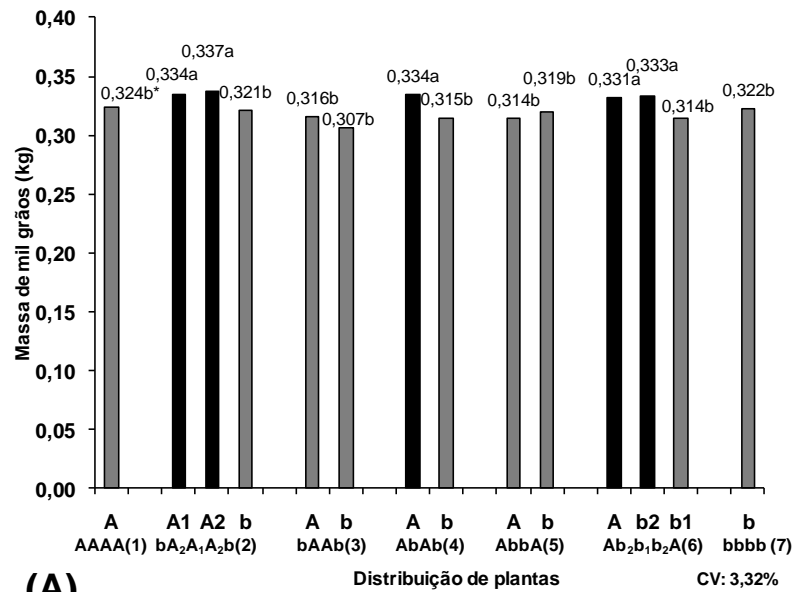
(A)



(B)

A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo. <sup>ns</sup>Não significativo ao teste F, com 5 % de significância CV: coeficiente de variação.

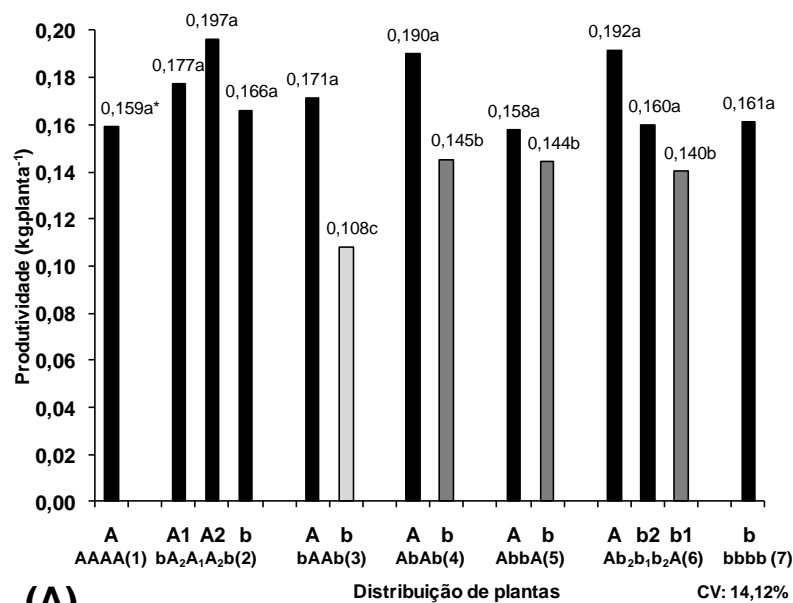
Figura 2.12 – Número individual de fileiras por espigas de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para a o primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008



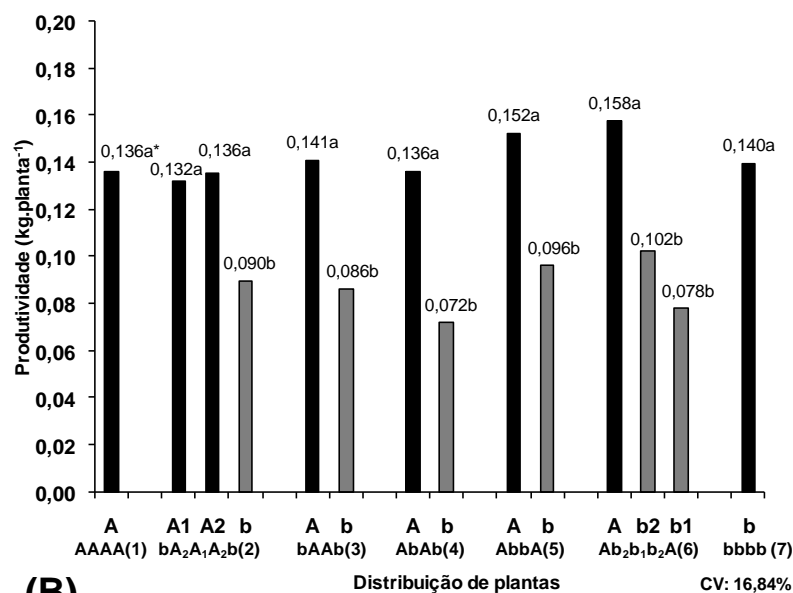
A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo. <sup>ns</sup>Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. <sup>ns</sup>Não significativo ao teste F, com 5 % de significância CV: coeficiente de variação.

Figura 2.13 – Massa individual de mil grãos de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para a primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008





(A)



(B)

A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas de alto vigor ou duas plantas de vigor mais baixo, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta de alto vigor e uma de vigor mais baixo.\*Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste Scott-Knott, com 5 % de significância. CV: coeficiente de variação.

Figura 2.14 – Produção individual de grãos por planta de milho dentro das populações constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para a primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008

Vale ressaltar que, em relação ao acúmulo de massa de matéria seca, número de grãos por fileira e produtividade de grãos, nos dois anos avaliados, as plantas b das distribuições heterogêneas foram inferiores as plantas b da distribuição homogênea. Isso indicou que a competição intraespecífica acentuada pela desuniformidade de desenvolvimento das plantas nas distribuições heterogêneas quanto ao nível de vigor das sementes, resultou na ocorrência de plantas dominadas de milho, nesse caso plantas b. Por outro lado, as plantas A de distribuições heterogêneas não foram superiores às plantas A da distribuição homogênea; este resultado era esperado, visto que a planta de milho exibe crescimento com baixa plasticidade, o que decorre, principalmente, pela baixa ocorrência de perfilhamento e ramificações laterais, conforme destacado por Balbinot e Fleck (2005), não traduzindo em maior crescimento de plantas e produtividade de grãos a maior capacidade de competição por recursos.

As diferenças observadas de produtividade entre plantas A, dominantes, e plantas b, dominadas, também foram observadas por Pommel et al. (2002), que estudando a competição intraespecífica na cultura de milho, verificaram que as plantas dominadas apresentaram menor produtividade de grãos. Ainda, segundo os mesmos autores, a variável número de grãos por espiga foi onde se observaram diferenças mais evidentes, resultados condizentes aos encontrados para número de grãos por fileira no presente trabalho. Os resultados aqui encontrados corroboram, também, com os observados para número de grãos e produtividade de grãos em trabalhos com a cultura de milho realizados por Andrade et al. (1999), Vega et al. (2001), Kiniry, Xie e Gerik (2002) e Maddonni e Otegui (2004; 2006) e evidenciaram os efeitos diferenciados da competição intraespecífica no crescimento de plantas e alocação de biomassa nas estruturas produtivas (VEGA; ANDRADE; SADRAS, 2001; ECHARTE; ANDRADE, 2003).

Dessa forma, realmente pode-se inferir que o número de grãos por fileira foi a variável dos componentes de produção que mais influenciou os resultados de produtividade final de grãos por planta. Além disso, quando houve competição intraespecífica mais acentuada, segundo ano experimental, os efeitos do vigor das sementes sobre o desempenho das plantas foram evidenciados.

Com esses resultados foi possível identificar a influência do vigor das sementes sobre o crescimento inicial de plantas e quando existe grande variabilidade de crescimento, ocorre a intensificação da competição intraespecífica, resultando na diminuição da capacidade competitiva em relação àquelas de emergência tardia, refletindo negativamente em produtividade.

## 2.4 Conclusão

O vigor de sementes está diretamente relacionado ao crescimento inicial das plantas de milho. Porém seus efeitos não persistem até o final do ciclo da cultura, quando há o uso de lotes de sementes constituídos apenas por sementes de alto vigor ou apenas por sementes de vigor mais baixo (lotes de sementes homogêneos quanto ao vigor das sementes). No entanto, o uso de lotes de sementes constituídos por sementes de alto vigor e de vigor mais baixo (lotes de sementes heterogêneos quanto ao vigor de sementes) resulta em maior competição intraespecífica proporcionando menor capacidade competitiva às plantas originadas de sementes de vigor mais baixo, sendo estas dominadas pelas originadas de sementes de alto vigor, refletindo negativamente em produção por planta.

## Referências

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M. A qualidade da luz afeta o afilhamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.401-408, 2001a.

\_\_\_\_\_. O afilhamento da aveia afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.393-400, 2001b.

ANDRADE, F.H.; VEJA, C.; UHART, S.; CIRILO, A.; CANTARERO, M.; VALENTINUS, O. Kernel number determination in maize. **Crop Science**, Madison, v.39, n.2, p.453-459, 1999.

BALBINOT JUNIOR, A.A.; FLECK, N.G. Competitividade de dois genótipos de milho com plantas daninhas sob diferentes espaçamentos entre fileiras. **Planta Daninha**, Viçosa, v.23, n.3, p.415-421, 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA; DNDV; CLAV, 1992. 365p.

ECHARTE, L.; ANDRADE, F. Harvest index stability of Argentinean maize hybrids released between 1965 and 1993. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.82, n.1, p.1-12, 2003.

EDMEADES, G.O.; DAYNARD, T.B. The development of plant-to-plant variability in maize at different planting densities. **Canadian Journal of Plant Sciences**, Ottawa, v.59, n.3, p.561-576, 1979.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA Solos, 2006. 306p.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.

FESSEL, S.A.; RODRIGUES, T.J.D.; FAGIOLI, M.; VIERIA, R.D. Temperatura e período de exposição no teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.163-170, 2000.

FORD, J.H.; HICKS, D.R. Corn growth and yield in uneven emerging stands. **Journal of Production Agriculture**, Cambridge, v.5, p.185-188, 1992.

HARPER, J.L. **Population biology of plants**. New York: Academic Press, 1977. 892p.

HOFFMASTER, A.L.; XU, L.; FUJIMURA, K.; McDONALD, M.; BENNETT, M.A.; EVANS, A.F. The OSU Seed Vigor Imaging System (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Journal of Seed Technology**, Lawrence, v.27, n.1, p.7-23, 2005.

HÖFS, A. **Vigor de sementes de arroz e desempenho da cultura**. 2003. 44p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.

HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, p.92-97, 2004.

KINIRY, J.R.; XIE, Y.; GERIK, T.J. Similarity of maize seed number responses for a diverse set of sites. **Agronomie**, Paris, v.22, n.3, p.265–272, 2002.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

\_\_\_\_\_. Crescimento de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.2, p.163-166, 2006.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

LARSEN, S.U.; POVLSEN, F.V.; ERIKSEN, E.N.; PEDERSEN, H.C.; The influence of seed vigour on field performance and the evaluation of the applicability of the controlled deterioration vigour test in oil seed rape and pea. **Seed Science and Technology**, Zürich, v.26, n.4, p.627-641, 1998.

MACHADO, R.F. **Desempenho de aveia-branca (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. 2002. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.85, n.1, p.1-13, 2004.

\_\_\_\_\_. Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.97, n.2/3, p.155-166, 2006.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; OLIVEIRA, A. C. de. Efeitos do quebramento do colmo no rendimento de grãos de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.22, n.3, p.279-289, 1998.

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

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-77, 1962.

MARCOS FILHO, J. Conceitos e testes de vigor para sementes de soja. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 1999, Londrina. **Anais...** Londrina: Embrapa Soja, 1999. p.220-226.

\_\_\_\_\_. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495p.

MELO, P.C.S. de; ANUNCIÇÃO FILHO, C.J.da; OLIVEIRA, F.J. de; BASTOS, G.Q.; TABOSA, J.N.; SANTOS, V.F. dos; MELO, M.R.C.S. de. Seleção de genótipos de arroz tolerantes à salinidade durante a fase vegetativa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.58-64, 2006a.

MELO, P.T.B.S.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N. de; CONCENÇO, G. Comportamento individual de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de qualidade fisiológica em populações de arroz irrigado. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.28, n.2, p.84-94, 2006b.

\_\_\_\_\_. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.1, p.37-43, 2006c.

MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; HAVERROTH, H.S. A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p.595-601, 1999.

MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L.O.B; PESKE, S.T.; PANOZZO, L.E.; PESKE, F.B.; CARVALHO, R.R. Desempenho individual e de populações de plantas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.30, n.3, p.86-94, 2008.

MONTGOMERY, E.G. Correlation studies in corn. **Nebraska Agricultural Experiment Station Annual report**, Lincoln, v.24, p.108-159, 1911.

POMMEL, B.; MOURAUX, D.; CAPPELLEN, O.; LEDENT, J.F. Influence of delayed emergence and canopy skips on the growth and development of maize plants: a plant scale approach with CERES-Maize. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.26, p.263-277, 2002.

ROMANO, M.R. **Desempenho fisiológico da cultura do milho com plantas de arquitetura contrastante: parâmetros para modelos de crescimento**. 2005. 100p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SCHUCH, L.O.B. **Vigor das sementes e aspectos da fisiologia da produção em aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.)**. 1999. 127p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1999.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N. de; MAIA, M.S. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.2, p.305-312, 2000.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

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.585-592, 1999.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; WICKHAM, D.A. Corn seed vigor effect on no-tillage field performance: II. Plant growth and grain yield. **Crop Science**, Madison, v.29, p.1528-1531, 1989.

VEGA, C.R.C.; ANDRADE, F.H.; SADRAS, V.O. Reproductive partitioning and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.72, p.163-175, 2001.

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.

VILLIERS, T.A. Ageing and longevity of seeds in field conditions. In: HEYDECKER, W. (Ed.). **Seed ecology**. London: The Pennsylvania State University Press, 1973. p.265-288.

WEINER, J. Asymmetric competition in plant populations. **Trends in Ecology & Evolution**, Cambridge, v.5, n.11, p.360–364, 1990.

### 3 VIGOR DE SEMENTES E DESEMPENHO DA CULTURA DE MILHO

#### Resumo

Sementes de alto potencial fisiológico proporcionam maior rapidez de emergência de plântulas e estabelecimento de plantas em relação às de baixo potencial fisiológico. Em populações de plantas, essas características podem definir a capacidade competitiva de cada planta e refletir diretamente na produtividade da cultura. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi estudar os efeitos do uso de lotes constituídos por sementes de milho de alto ou de vigor mais baixo, bem como de lotes resultantes da misturas desses em diferentes proporções, simulando-se do uso de lotes de sementes homogêneos e heterogêneos quanto ao vigor das sementes, sobre o desempenho (competição intraespecífica de plantas e produção de grãos) da cultura de milho. O experimento foi realizado em dois anos consecutivos, utilizando-se sementes certificadas de milho, provenientes de dois lotes do híbrido DOW 8480, para cada ano, devidamente caracterizados como de alto vigor e de vigor mais baixo, em sete diferentes distribuições de sementes ao longo da linha de semeadura, referentes às proporções de 100/0, 75/25, 67/33, 50/50, 33/67, 25/75 e 0/100, de sementes de alto e de vigor mais baixo, respectivamente. As plantas de cada nível de vigor foram avaliadas no momento da colheita quanto ao acúmulo de massa de matéria seca, número de grãos por fileiras, número de fileiras por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos. Para análise dos dados utilizou-se o delineamento de experimentos substitutivos, sendo duas populações homogêneas e cinco populações com misturas de sementes. Para a população de plantas de milho avaliada ( $71.429 \text{ plantas.ha}^{-1}$ ), em populações de plantas originadas de lotes heterogêneos quanto ao vigor das sementes concluiu-se que a competição intraespecífica na cultura de milho é acentuada, resultando em perdas de massa de matéria seca e de produtividade de grãos por área; as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo possuem menor habilidade competitiva do que plantas originadas de semente de alto vigor; as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo tem menores acúmulo de massa de matéria seca e produtividade de grãos, sendo as responsáveis pelas perdas de produtividade da cultura; as plantas originadas de sementes de alto vigor exercem efeito dominante sobre as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo e não exercem efeito compensatório; o principal componente de produção afetado pela competição intraespecífica na cultura de milho é o número de grãos por fileira, sendo o responsável pelas perdas de produtividade de grãos; o efeito do vigor das sementes na competição intraespecífica de plantas de milho em campo é intensificado quando em condições não irrigadas, que se constitui na maior parte da agricultura brasileira.

Palavras-chave: Competição intraespecífica; Potencial fisiológico; Experimento substitutivo; *Zea mays* L.



## MAIZE SEED VIGOR AND CROP PERFORMANCE

### Abstract

Seeds of high physiological potential result in faster emergence of seedlings and plant establishment than low physiological potential seeds. Within plant population, those characteristics could define the plant competitive ability resulting on direct effects on maize grain yield. The objective of this research was to study the effects of using maize seed lots constituted by high vigor seeds or low vigor seeds, as well as their mixtures, simulating seed lots homogeneous and heterogeneous on seed vigor, on the crop performance (plant intra-specific competition and yield). A two-year experiment was developed using two seed lots of maize hybrid seeds (DOW 8480), previously characterized as high vigor and low vigor, on seven different seed distributions on the sowing row, at proportions of 100/0, 75/25, 66/33, 50/50, 33/66, 25/75 and 0/100 of high vigor and low seed vigor seeds, respectively. The plants were evaluated at harvest by dry mass accumulation, number of grains per row, number of rows per ear, mass of 1000 grains and grain yield. It was applied a replacement series design for data analysis, for two homogeneous populations and five seed mixture populations. It was concluded that for the plant population evaluated ( $71.429 \text{ plants.ha}^{-1}$ ), originated from seed lots heterogeneous on seed vigor, the intra-specific competition is intensified, resulting on losses of dry mass accumulation and grain yield; plants originated from low vigor seeds have lower competitive ability than the ones originated from high vigor seeds; plants originated from low vigor seeds have inferior plant dry mass accumulation and grain yield, and they are responsible for crop yield losses; plants originated from high vigor seeds have dominant effects on plants originated from low vigor seeds, but have no compensatory effects; the major production component affected by intra-specific competition is the number of grains per row; the effects of intra-specific competition on maize plants is intensified on non-irrigated conditions.

Keywords: Intra-specific competition; Physiological potential; Replacement series design; yield; *Zea mays* L.

### 3.1 Introdução

Na produção vegetal a obtenção de altas produtividades é alcançada com a máxima exploração do ambiente pelas plantas cultivadas, o que ocorre de forma mais efetiva quando há a minimização da competição por recursos como água, luz e nutrientes, tendo com ponto fundamental, a uniformidade de desenvolvimento das plantas. A uniformidade de desenvolvimento pode ser afetada por fatores como compactação do solo, contato com herbicidas, profundidade e densidade de semeadura, distribuição desuniforme de fertilizantes e pela desuniformidade de emergência de plântulas, entre outros fatores.

Segundo Merotto Junior et al. (1999), a desuniformidade de emergência é um dos fatores que diminui a produtividade de grãos na cultura de milho. Os mesmos autores afirmaram que as plantas de emergência atrasada podem apresentar menor crescimento da parte aérea e do sistema radicular, resultando em menor capacidade de competição quantitativa por recursos naturais, o que no final do ciclo da cultura pode refletir em plantas com menor produtividade e, possivelmente, em perdas significativas de produção.

O vigor das sementes compreende as características da semente que determinam o potencial para emergência e desenvolvimento rápidos e uniformes de plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais (ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA, 1983). Tais características são refletidas na velocidade de germinação, crescimento de plântulas e na habilidade para germinar sob temperaturas subótimas entre outras, resultando assim em maior probabilidade de sucesso quando expostas a ampla variação das condições de ambiente.

Assim, sementes de baixo vigor podem provocar reduções na porcentagem e na velocidade de emergência de plântulas, no tamanho inicial, na área foliar, nas taxas de crescimento das plantas e no acúmulo de massa de matéria seca, (SCHUCH, 1999; SCHUCH et al., 2000; MACHADO, 2002; HÖFS, 2003), podendo afetar além do estabelecimento da cultura, o seu desempenho ao longo do ciclo, bem como na produtividade final. Schuch et al. (1999) verificaram que a redução no nível do vigor das sementes aumentou o tempo médio necessário para a protrusão das raízes primárias,

bem como reduziu o número médio das mesmas emitidas por dia. Do ponto de vista da competição por espaço nas comunidades vegetais, o rápido crescimento da parte aérea e de raízes será decisivo para o futuro do indivíduo, pois é durante a fase de crescimento que se manifestam as características de plasticidade fenotípica e, sobretudo, as ações modificativas em relação às condições do hábitat (LARCHER, 2000).

De acordo com Harper (1977) um indivíduo em uma população sofre efeitos de restrição sobre a taxa de crescimento em função da presença e arranjo dos vizinhos na população de plantas. Os efeitos da competição entre plantas acontecem tanto quando as plantas estão em maior população ou quando são dominadas por plantas vizinhas que emergiram mais rapidamente (MEROTTO JUNIOR et al., 1999), como por exemplo, em função do vigor das sementes. Nessa situação a heterogeneidade na velocidade de emergência afetará o desenvolvimento do dossel da cultura, sendo que plântulas que emergem primeiro sombrearão as plantas com emergência tardia (POMMEL et al., 2002) e esse efeito pode ser propiciado pelo uso de lotes de sementes heterogêneas quanto ao vigor das sementes.

Almeida e Mundstock (2001), trabalhando com desuniformidade na profundidade de semeadura de sementes de aveia concluíram que a competição intraespecífica resultante da desuniformidade de semeadura afetou a alocação de massa seca nas plantas, determinando menor emissão de perfilhos e menor alocação de matéria seca no colmo. Khah, Roberts e Ellis (1989) observaram, em plantas de trigo, que a emergência rápida, associada à maior velocidade no crescimento das plântulas provenientes das sementes com alta qualidade, resultou em vantagem, a qual foi suficiente para proporcionar maior produtividade final de grãos em relação às plantas oriundas de sementes de baixo vigor. Nesse mesmo sentido, Glemm e Daynard (1974) demonstraram que a desuniformidade entre plantas diminuiu a produtividade de grãos e sugeriram que as práticas culturais que possibilitem estabelecimento uniforme da população, como distribuição regular de sementes e profundidade de semeadura homogênea, podem maximizar a produtividade final.

Assim, na associação de plantas originadas de sementes com diferentes níveis de vigor, provavelmente, as plantas com menor crescimento apresentarão menor

capacidade de competição intraespecífica e afetarão a intensidade e composição de luz incidente sobre as plantas com menor crescimento na população vegetal. Kolchinski, Schuch e Peske (2005), avaliando o desenvolvimento individual de plantas em populações de plantas de soja, verificaram que as plantas provenientes das sementes de alto vigor apresentaram maior produtividade de sementes dentro das populações, no entanto, não apresentaram dominância sobre as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo adjacentes na linha de semeadura. Resultados semelhantes foram encontrados por Melo et al. (2006b) e Mielezrski et al. (2008), em trabalhos com sementes de arroz, mostrando que plantas originadas de sementes de alto vigor apresentaram produtividade superior às plantas originadas de sementes de vigor mais baixo.

Atualmente, há tendência para o aumento da densidade de população de plantas com o objetivo de buscar ganhos em produtividade. Nessa situação, a maior competição intraespecífica que acontece em altas populações exerce maior dificuldade ao desenvolvimento das plantas de emergência tardia, sendo importante o cuidado para evitar ao máximo a desuniformidade de emergência de plântulas, pois existe maior possibilidade de ocorrência de prejuízos em produtividade (MEROTTO JUNIOR et al., 1999), principalmente na cultura de milho, que é uma das espécies de gramíneas mais sensíveis à competição intraespecífica (MADDONNI; OTEGUI, 2006).

Assim, o objetivo desse trabalho foi de estudar os efeitos da utilização de lotes constituídos por sementes de milho de alto ou de vigor mais baixo, bem como de lotes resultantes da misturas desses em diferentes proporções, simulando-se a utilização de lotes de sementes homogêneos e heterogêneos quanto ao vigor das sementes, sobre o desempenho (competição intraespecífica de plantas e produção de grãos) da cultura de milho.

### **3.2 Material e métodos**

A pesquisa foi desenvolvida em área experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (LPV/ESALQ), da Universidade de São Paulo (USP), no município de Piracicaba, Estado de São Paulo,

Brasil (latitude: 22°42'30"S; longitude: 47°38'00"W; altitude 546 m) e no Laboratório de Biologia de Sementes do "Department of Horticulture and Crop Science" da "Ohio State University", em Columbus, Ohio, Estados Unidos da América. Sendo realizada em dois anos consecutivos, entre o período de novembro de 2006 a julho de 2008. As precipitações pluviárias e temperaturas médias do período de realização dos experimentos estão apresentadas na Figura 3.1.

Durante o primeiro ano de experimentação a cultura foi irrigada por aspersão via pivô central, disponibilizando, dessa forma, água suficiente para o desenvolvimento adequado da cultura. No segundo ano, a irrigação foi realizada apenas nos primeiros dias após a semeadura, permitindo, assim, a emergência adequada das plântulas e obtenção do estande de plantas almejado para a realização do experimento. Dessa forma, foram caracterizadas duas condições de competição intraespecífica, uma minimizada (irrigada) e outra maximizada (não irrigada).

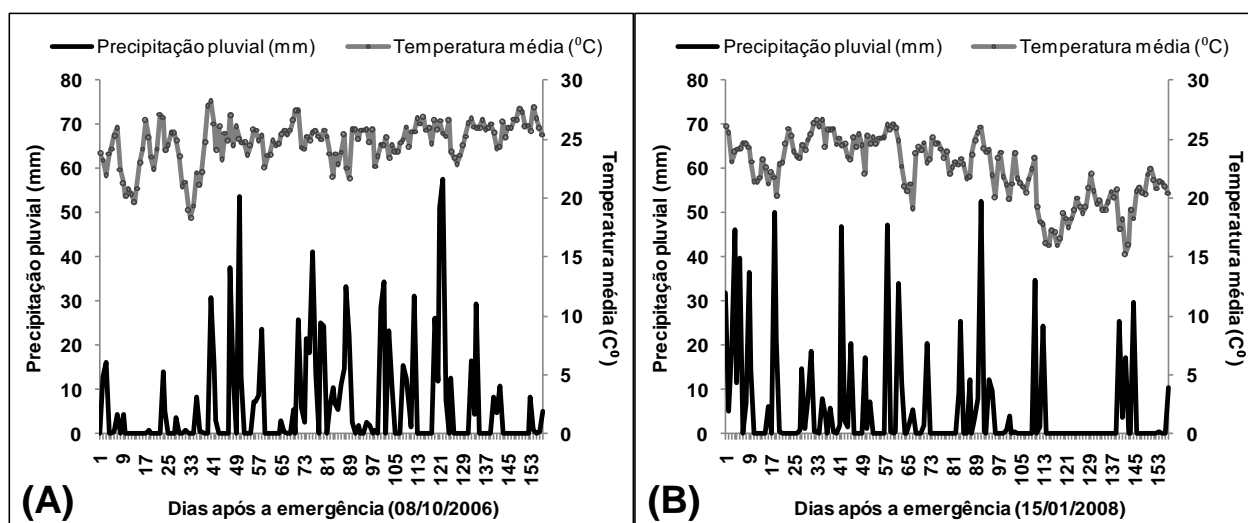


Figura 3.1 – Dados meteorológicos: precipitação pluviária e temperaturas médias diárias da estação USP/ESALQ, durante o ciclo da cultura de milho no primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008

Para a realização do experimento foram utilizadas, em cada ano, sementes certificadas de milho provenientes de dois lotes de sementes, de mesma peneira, do híbrido DOW 8480, devidamente caracterizados como de alto vigor e de vigor mais baixo. As sementes foram cedidas pela empresa Dow AgroSciences, localizada na cidade de Cravinhos, Estado de São Paulo, Brasil. A caracterização dos lotes foi confirmada por meio da realização de testes fisiológicos, descritos a seguir.

*Teste de germinação:* conduzido com quatro repetições de 50 sementes, por lote, em rolos de papel toalha "Germitest". A quantidade de água adicionada foi equivalente a 2,5 vezes a massa do substrato seco. Os rolos foram acondicionados em germinador e mantidos à temperatura de  $25 \pm 1$  °C, no escuro. As contagens, no quarto e sétimo dia após a instalação do teste, seguiram os critérios estabelecidos nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), contabilizando-se a porcentagem de plântulas normais.

*Teste de envelhecimento acelerado:* foram colocadas quatro repetições de 50 sementes sobre tela de alumínio, distribuídas em uma única camada, em caixas plásticas transparentes (0,11 x 0,11 x 0,03 m) contendo no fundo 40 mL de água destilada. As caixas plásticas transparentes foram tampadas e mantidas em incubadora do tipo BOD, regulada a 42 °C, durante 96 horas, no escuro. Após esse período de envelhecimento, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme prescrição das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992), com uma única avaliação no quarto dia após a instalação do teste, contabilizando-se a porcentagem de plântulas normais.

*Teste de frio:* foi utilizado o teste de frio com terra, em bandejas de plástico (0,34 x 0,23 x 0,07 m), com mistura de terra e areia na proporção 1:3. Foram semeadas 200 sementes por lote, sendo, em cada bandeja, distribuídas duas repetições de 50 sementes sobre um quilograma do substrato e em seguida cobertas com mais um quilograma do mesmo substrato. A disponibilidade de água do substrato foi ajustada para 70 % da sua capacidade de retenção. Para reduzir a evaporação, as bandejas foram protegidas com sacos plásticos transparentes e, em seguida, colocadas em câmara fria a 10 °C por sete dias. Após esse período, foram retirados os sacos plásticos e as bandejas foram transferidas para germinador a  $25 \pm 1$  °C, com iluminação

contínua. A avaliação foi realizada após cinco dias, contabilizando-se a porcentagem de plântulas emersas.

*Teste de emergência de plântulas em campo:* foi conduzido com oito repetições de 50 sementes por lote, distribuídas em sulcos de 2,5 m de comprimento, espaçados 0,5 m entre linhas e com profundidade de 0,03 m, baseado em metodologia adotada por Fessel et al. (2000). A avaliação foi realizada diariamente, contabilizando-se as plantas emersas, para o cálculo da porcentagem total de plântulas emersas após a estabilização da emergência e para o cálculo do índice de velocidade de emergência (IVE), empregando-se a fórmula apresentada a seguir (MAGUIRE, 1962), onde N é o número de plantas emersas por dia e D é o número de dias após a instalação do teste.

$$IVE = \frac{N_1}{D_1} + \frac{N_2}{D_2} + \dots + \frac{N_n}{D_n}$$

*Teste de condutividade elétrica:* foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes, as quais foram previamente pesadas e, em seguida, colocadas para embeber em um recipiente contendo 75 mL de água deionizada e mantidas em germinador à temperatura de  $25 \pm 1$  °C, por 24 horas, no escuro. Após esse período, foram feitas leituras da condutividade elétrica da solução em aparelho Digimed CD-20 e os resultados foram expressos em  $\mu\text{mho.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ , obtendo-se a condutividade média por lote.

*Análise computadorizada de plântulas:* realizada no Laboratório de Biologia de Sementes do “Department of Horticulture and Crop Science” da “Ohio State University”, em Columbus, Ohio, Estados Unidos da América, no período de setembro a dezembro de 2008. Foram avaliados os lotes de sementes utilizados previamente na semeadura do experimento em campo em janeiro de 2008 e que foram armazenadas em câmara fria (10 °C) e seca (40 % de umidade relativa do ar) com o objetivo de preservar a qualidade dessas sementes, onde permaneceram até o envio para o local onde foi realizada a análise. As sementes foram colocadas para germinar e, em seguida, as plântulas resultantes foram avaliadas quanto ao crescimento e uniformidade de crescimento, utilizando-se o programa computacional “Seed Vigor Imaging System”

(SVIS), desenvolvido na própria Universidade, seguindo métodos descritos por Hoffmaster et al. (2005). Para tanto, foram utilizadas cinco repetições de 40 sementes por lote, sendo estas dispostas de forma equidistante sobre uma folha de papel toalha umedecida e cobertas com mais uma. Em seguida, foram acondicionadas no interior de sacos plásticos transparentes para evitar a perda de água e levadas ao germinador regulado a temperatura de  $25 \pm 1$  °C por três dias, no escuro. A obtenção das imagens das plântulas e sementes mortas resultantes do teste de germinação foi realizada com o uso de um escâner Epson GT-15000, utilizando-se resolução de 100 dpi e as imagens obtidas no formato JPEG. Para a análise das imagens estipulou-se, como parâmetro para o índice de vigor, o crescimento máximo de plântulas em 6 polegadas (0,1524 m). Em seguida, estas foram processadas e mensuradas com o uso do programa computacional. Os valores de crescimento de plântulas e de uniformidade de desenvolvimento, combinados na porcentagem de 70 e 30 % respectivamente, resultaram no índice de vigor (IV), variável entre zero e 1000, conforme descrito por Hoffmaster et al. (2005).

Em campo foi utilizado delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Cada unidade experimental foi constituída de três linhas de milho de 11 m de comprimento, espaçadas 0,7 m, sendo consideradas como bordadura 0,5 m de cada extremidade da linha central e as duas linhas vizinhas, resultando como área útil 7 m<sup>2</sup>. As parcelas foram constituídas por diferentes distribuições de sementes de alto vigor e de vigor mais baixo ao longo da linha de semeadura, simulando o uso de lotes de sementes homogêneos e heterogêneos quanto ao vigor das sementes (Tabela 3.1), sendo analisadas dentro de cada distribuição as plantas originadas de sementes de alto vigor (A) e as originadas de sementes de vigor mais baixo (b), totalizando 14 diferentes posições na linha de semeadura, ou seja 14 tratamentos.



Tabela 3.1 – Constituição das distribuições de sementes de alto e de vigor mais baixo utilizadas no experimento em campo. Piracicaba, 2007

Distribuição de plantas			Sementes de alto vigor	Sementes de vigor mais baixo
Número	Proporção	Combinação	(%)	(%)
1	1A:1A	AAAA*	100,0	0,0
2	3A:1b	bA <sub>2</sub> A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> b	75,0	25,0
3	2A:1b	bAAb	66,7	33,3
4	1A:1b	AbAb	50,0	50,0
5	1A:2b	AbbA	33,3	66,7
6	1A:3b	Ab <sub>2</sub> b <sub>1</sub> b <sub>2</sub> A	25,0	75,0
7	1b:1b	bbbb	0,0	100,0

\*A: plantas originadas de sementes de alto vigor; b: plantas originadas de sementes de vigor mais baixo; A<sub>1</sub> e b<sub>1</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre duas plantas A ou duas plantas b, respectivamente; A<sub>2</sub> e b<sub>2</sub>: plantas localizadas, dentro do arranjo de plantas, entre uma planta A e uma b.

O solo onde foi realizado o experimento é classificado como Nitossolo Vermelho eutrófico (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 2006), de textura argilosa, apresentando relevo plano a levemente inclinado. O preparo do solo foi realizado de forma convencional e a adubação e abertura de sulcos foram realizadas em seguida. Com base na análise química do solo e na necessidade para o desenvolvimento da cultura, utilizou-se a formulação 8-28-16 na dose de 400 kg.ha<sup>-1</sup> no sulco de semeadura, sendo distribuído de forma complementar, quando as plantas apresentavam cinco folhas completamente expandidas, 200 kg.ha<sup>-1</sup> de uréia, totalizando, assim, 122 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrogênio total.

Previamente à semeadura as sementes foram tratadas quimicamente com inseticida Futur 300, de princípio ativo Thiodicarb, na dose de 2 L por 100 kg de sementes, visando o controle de pragas iniciais na cultura. Em seguida, a semeadura foi realizada em sulcos, previamente abertos e adubados, de acordo com as proporções de sementes especificadas anteriormente, utilizando-se semeadora manual com limitador de profundidade, regulado para 0,05 m. Utilizou-se espaçamento de 0,7 m

entre linhas, e entre plantas 0,2 m, obtendo-se população de plantas de 71.429 plantas.ha<sup>-1</sup>. Em função da possível variação no potencial fisiológico entre as sementes do mesmo lote e para se obter plântulas mais representativas dos lotes de alto e de vigor mais baixo, foram semeadas três sementes por cova para as posições de alto vigor e quatro sementes por cova para as posições de vigor mais baixo, sendo realizado, posteriormente, desbaste deixando, no caso da posição de sementes de alto vigor, a plântula de emergência mais rápida e para as posições de sementes de vigor mais baixo a plântula de emergência mais tardia. As covas com sementes de alto vigor foram identificadas no ato da semeadura com estacas para permitir a realização das determinações experimentais durante o ciclo da cultura.

O manejo de plantas daninhas foi realizado com a aplicação do produto Atrazinax 500, de princípio ativo Atrazine, em pré-emergência da cultura na dose de 4 L.ha<sup>-1</sup> e em pós-emergência quando as plantas apresentavam quatro folhas completamente expandidas, na dose de 3 L.ha<sup>-1</sup>. Além disso, foi realizada capina manual em algumas parcelas visando a minimização da matocompetição. O controle de pragas foi realizado com o uso dos inseticidas de princípios ativos, Deltamethrina, Lufenuron, Spinosad e Clorpirifós, por meio de pulverizações e, também, de quimigações, após avaliações da necessidade de aplicação dos produtos.

No momento de colheita foram realizadas as avaliações dos componentes de produção, acúmulo de massa de matéria seca, número de grãos por fileira, número de fileiras por espiga, massa de mil grãos e produtividade de grãos (produção por área), sendo realizadas em quatro plantas de cada nível de vigor e posição de semeadura e os valores médios das populações foram calculados pela média ponderada baseada na porcentagem de plantas de cada tipo na distribuição de plantas.

Assim, as espigas foram colhidas e secadas ao sol para redução do teor de água. Na sequência, avaliou-se o número de fileiras por espiga e, posteriormente, estas foram debulhadas manualmente. Após isso, todos os grãos de cada espiga foram contados e pesados em balança analítica, com sensibilidade de 0,01 g, e os valores corrigidos para 13 % de teor de água. A massa de mil grãos foi determinada a partir da separação de uma subamostra de 1000 grãos das plantas colhidas, cujas massas foram determinadas em balança com sensibilidade de 0,01 g, sendo tais procedimentos

efetuados segundo as prescrições das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

As determinações do teor de água dos grãos foram efetuadas pelo método de estufa a  $105 \pm 3$  °C durante 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

Para a determinação do acúmulo de massa de matéria seca, seguindo procedimentos adotados por Romano (2005). Para tanto, as plantas foram coletadas inteiras, picadas e colocadas dentro de sacos de papel e, em seguida, levados a estufa com circulação de ar, regulada a 65 °C, deixando-as até atingir massa constante; na seqüência foi utilizada uma balança analítica, com sensibilidade de 0,01 g, para a pesagem do material. Ainda, a esse valor foi somada a massa de matéria seca total da espiga de cada planta.

Para análise dos dados utilizou-se o método substitutivo de estudos de interferência entre plantas (WIT, 1960). Esse método consiste em manter constante a densidade total da população de plantas e em manter variável a proporção entre duas espécies ou biótipos (HARPER, 1977). Assim, de forma adaptada comparou-se a associação de plantas originadas de sementes de alto vigor e de vigor mais baixo (distribuições heterogêneas) com as populações constituídas por plantas originadas de um único tipo de semente (distribuições homogêneas).

Os dados dos experimentos de competição intraespecífica foram submetidos à análise convencional para experimentos substitutivos (RADOSEVICH, 1987), que é realizada visualmente, com o auxílio de gráficos com a resposta relativa das plantas para cada variável, em função da proporção de sementes. Os resultados relativos para cada variável foram calculados dividindo-se os resultados de cada proporção de sementes pelos resultados médios obtidos nas distribuições homogêneas quanto ao vigor das sementes (WIT; VAN DEN BERG, 1965; HARPER, 1977). Ainda, de forma complementar, foi adicionado aos gráficos o erro padrão das médias.

Para a análise estatística da caracterização dos lotes de sementes aplicou-se teste F para a análise da variância. Na ocorrência de efeitos significativos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott (SCOTT; KNOTT, 1974), com 5 % de significância.

### 3.3 Resultados e discussão

Dentre as metodologias existentes para o estudo de interações competitivas entre plantas, os experimentos substitutivos (WIT, 1960) são uma alternativa interessante para a compreensão do processo competitivo entre plantas, especialmente quando relacionado com o estudo do efeito da densidade e da proporção entre plantas em uma comunidade infestante (CHRISTOFFOLETI; VICTORIA FILHO, 1996). Tais experimentos têm sido utilizados para encontrar qual de duas espécies ou biótipos em competição é o melhor competidor por recursos e para entender como ocorre essa interação (COUSENS, 1991).

Assim, aplicando-se esse tipo de análise é possível identificar qual é o desempenho da população de plantas originadas por dois tipos de sementes, lotes heterogêneos, em comparação às originadas de lotes homogêneos quanto ao vigor das sementes, ou seja, como é a interação de plantas originadas de sementes com níveis diferentes de vigor em determinada população de plantas.

Analisando-se a Figura 3.2, foi possível visualizar que o uso de lotes heterogêneos quanto ao vigor das sementes, independentemente da proporção utilizada, resultou na diminuição do acúmulo de massa de matéria seca. Foi possível observar, também, que as plantas responsáveis por essas perdas foram as plantas b, originadas de sementes de vigor mais baixo, devido ao aumento da competição intraespecífica. Pode-se observar, também, que quando em condição irrigada (Figura 3.2A) a competição por recursos sendo menor, proporcionou menores perdas às plantas b e, as plantas A, originadas de sementes de alto vigor, foram capazes de produzir mais do que o esperado, proporcionando um efeito de compensação pela maior capacidade de competição. Nesse ano, as populações de plantas com 75 e 50 % de plantas A obtiveram acúmulos de massa de matéria seca maiores do que o esperado em decorrência da interação de dois fatores, o primeiro, da compensação alcançada pelas plantas A que produziram mais do que o esperado e, o segundo, de que as plantas b não obtiveram perdas significativas.

Já no segundo ano (Figura 3.2B), em condição não irrigada, as plantas A pouco desviaram da massa de matéria seca esperada, o que corresponde à expectativa em

função da espécie apresentar baixa plasticidade. No entanto, com uma condição não irrigada, considerada como maximização da competição intraespecífica, as plantas b apresentaram acúmulo de massa de matéria seca abaixo do esperado e foram responsáveis por perdas significativas na cultura em situações com utilização de lotes de sementes heterogêneos quanto ao vigor. Provavelmente, isso é decorrente da emergência tardia das plântulas originadas de sementes de vigor mais baixo, resultando em menor crescimento da parte aérea e do sistema radicular das plantas e, assim, menor capacidade de competição por água, luz e nutrientes. Os resultados aqui encontrados corroboram com os obtidos por Maddonni e Otegui (2004), que observaram que o acúmulo de massa de matéria seca por planta foi reduzido com o aumento da competição intraespecífica na cultura de milho.

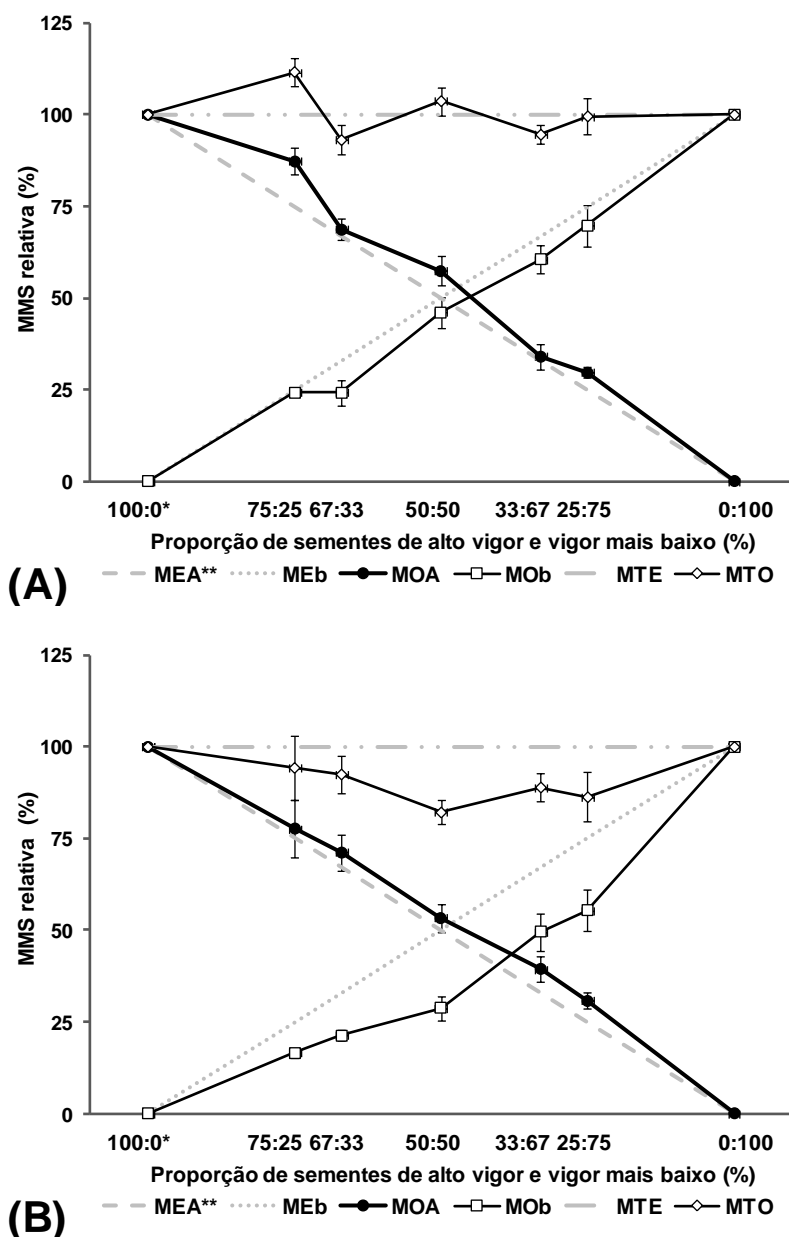
Os resultados de produtividade de grãos (Figura 3.3) foram semelhantes aos obtidos para acúmulo de massa de matéria seca de plantas. Nesse caso em ambos os anos experimentais, primeiro (Figura 3.3A) e segundo (Figura 3.3B), houve diferenças de produtividade de grãos das populações originadas de lotes heterogêneos em relação às originadas de lotes homogêneos.

No primeiro ano, em condição irrigada, as plantas A, de forma geral, superaram as expectativas de produtividade e as plantas b produziram próximo ao esperado. Essa compensação observada nas plantas A, no entanto, não foram responsáveis por aumentos de produtividade de grãos da população, exceto para a proporção 75 % de sementes de alto vigor. No segundo ano, condição não irrigada, as plantas A não apresentaram a mesma resposta, produzindo de forma igual à produtividade esperada para esse tipo de planta e, as perdas resultantes das plantas b, foram diretamente responsáveis pelas perdas de produtividade de grãos nas populações de plantas originadas de lotes heterogêneos. Realmente, segundo Tollenaar e Wu (1999), a perda por plantas dominadas é normalmente maior do que o ganho pelas plantas dominantes, o que condiz com os resultados encontrados nesse trabalho.

Ford e Hicks (1992) também observaram reduções na produtividade de grãos de milho em trabalho estudando os efeitos da desuniformidade de emergência de plântulas. Os autores constataram reduções de 5,0 e 12,8 % na produtividade final de grãos de milho quando se atrasou, respectivamente, em sete e quatorze dias a

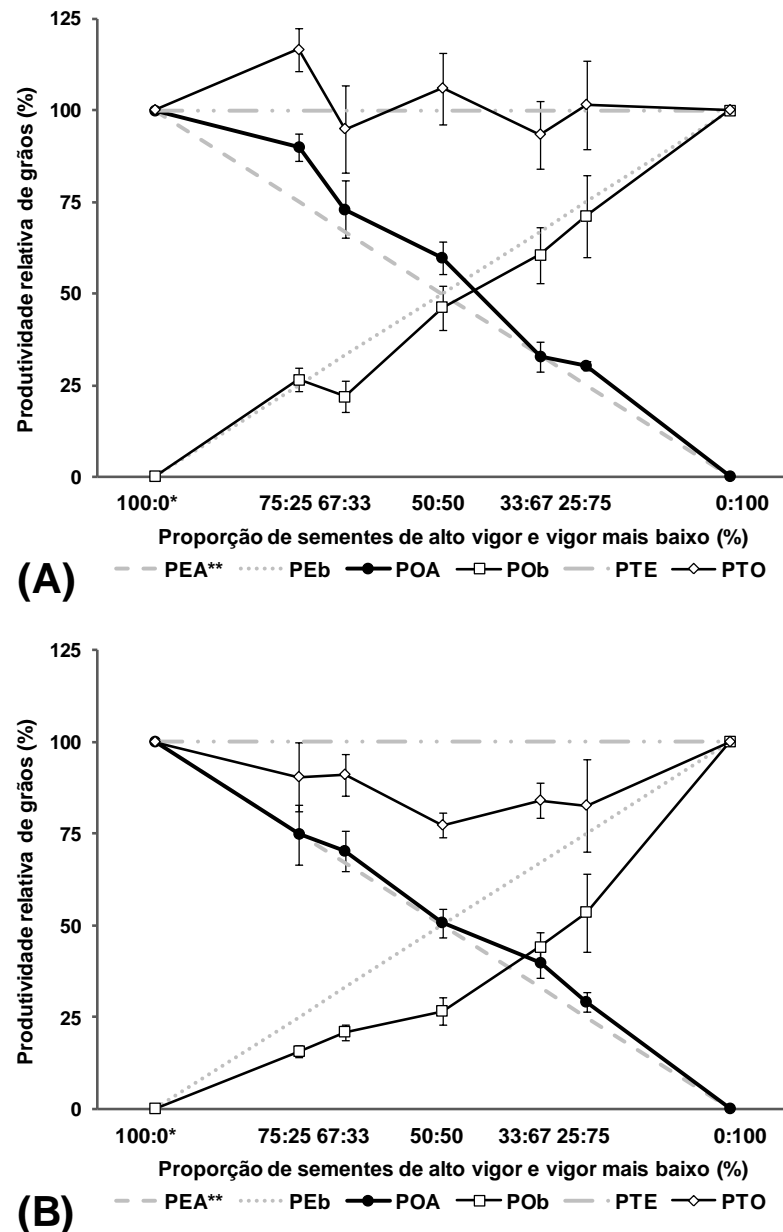
implantação de metade da densidade de plantas, o que proporcionou maior competição intraespecífica. Höfs et al. (2004) confirmaram, também, que a redução da produtividade final de grãos está, provavelmente, associada à maior desuniformidade de emergência e, conseqüentemente, ao maior grau de competição intraespecífica que estariam sujeitas as plântulas emergidas mais tardiamente, o que se refletiria em redução nos componentes de produção.

Ainda, analisando-se as Figuras 3.3B, a proporção 50:50 (50 % de cada tipo de semente) é o ponto de igualdade de densidade de plantas originadas de cada tipo de semente. Esse ponto é onde se pode visualizar claramente quais as plantas com maior capacidade competitiva, ou seja, em condição de igualdade, captam de forma mais eficiente os recursos naturais traduzindo-os em maior crescimento de plantas. Observou-se, assim, que as plantas A aproximaram-se da produtividade esperada e as plantas b sofreram mais com a competição e produziram abaixo do esperado. Isso indica que as plantas A foram melhores competidores, no entanto, pela baixa plasticidade intrínseca da espécie, não traduziram a maior disponibilidade de recursos naturais em maior produtividade de grãos, não sendo capazes de compensar as perdas resultantes das plantas b, refletindo, dessa forma, em perdas de produtividade de grãos na cultura.



\*Porcentagem de plantas originadas de sementes de alto vigor (A) e de plantas originadas de sementes de vigor mais baixo (b) na população de plantas. \*\*MEA: MMS relativa esperada de plantas A; MEb: MMS relativa esperada de plantas b; MOA: MMS relativa observada de plantas A; MOb: MMS relativa observada de plantas b; MTE: MMS relativa total esperada; MTO: MMS relativa total observada.

Figura 3.2 – Acúmulo relativo de massa de matéria seca (MMS) das populações de plantas de milho constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008



\*Porcentagem de plantas originadas de sementes de alto vigor (A) e de plantas originadas de sementes de vigor mais baixo (b) na população de plantas. \*\*PEA: produtividade relativa esperada de plantas A; PEb: produtividade relativa esperada de plantas b; POA: produtividade relativa observada de plantas A; POb: produtividade relativa observada de plantas b; PTE: produtividade relativa total esperada; PTO: produtividade relativa total observada.

Figura 3.3 – Produtividade relativa de grãos das populações de plantas de milho constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para o primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008



Assim, o alto vigor de sementes proporcionando emergência mais rápida das plântulas de milho, possibilitou condições melhores para a captação da energia solar, favorecendo o crescimento das plantas A, como também constatado por Almeida, Mundstock e Sangoi (1998) e Walker, Blackshaw e Dekker (1988). Essas plantas representam os indivíduos com maior capacidade competitiva durante o ciclo da cultura, podendo ser identificadas como as plantas dominantes na população de plantas e contrastando com as plantas dominadas, de menor porte, com menor capacidade para captura de recursos (MADDONNI; OTEGUI, 2006).

Segundo Pagano e Maddonni (2007) a variabilidade da emergência de plântulas de milho reduz a produtividade de grãos por área, sendo uma das causas, a baixa fertilidade das plântulas com emergência tardia. Essa baixa fertilidade das plantas pôde ser constatada com a análise do número de fileiras (Figura 3.4) e número de grãos por fileira (Figura 3.5).

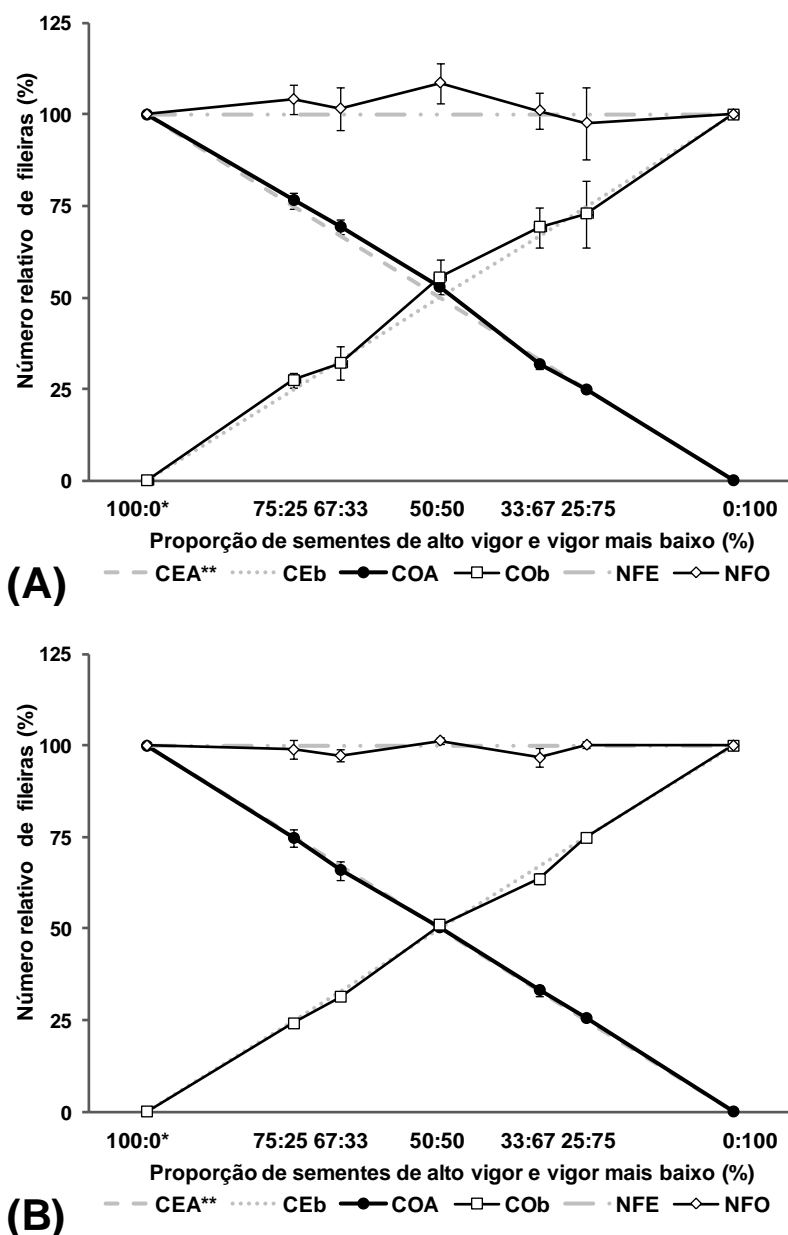
De forma geral, o número de fileiras por espigas relativo da população de plantas, em ambos os anos, permaneceu próximo ao esperado, demonstrando que essa variável não foi alterada pela intensificação da competição intraespecífica de plantas, resultante da utilização de lotes heterogêneos quanto ao vigor das sementes. Isso ocorreu tanto para as plantas A, quanto para as plantas b. Assim, foi possível inferir que a competição intraespecífica entre plantas passou a ser acentuada após o estágio fenológico de oito folhas, que é o momento no qual há a definição do número de fileiras por espiga (MAGALHÃES et al., 2002).

Entretanto, o número relativo de grãos por fileira foi inferior ao esperado para as plantas b das populações de plantas originadas de lotes heterogêneos, nos dois anos experimentais, indicando os efeitos da competição entre plantas sobre o número de óvulos (número potencial de grãos) ou sobre a polinização. Em contrapartida, as plantas A dessas populações de plantas obtiveram resultados conforme o esperado, demonstrando que as diferenças dos valores médios relativos nessas populações perante as populações originadas de lotes homogêneos foram, também, decorrentes dos piores resultados obtidos com plantas b, especialmente, no segundo ano (Figura 3.5B), onde houve menor disponibilidade de água. Segundo Maddonni e Otegui (2004), trabalhando com competição intraespecífica em populações de milho, as plantas

dominantes obtiveram maior número de grãos por espiga do que as dominadas, em várias densidades de semeadura e espaçamento entre linhas.

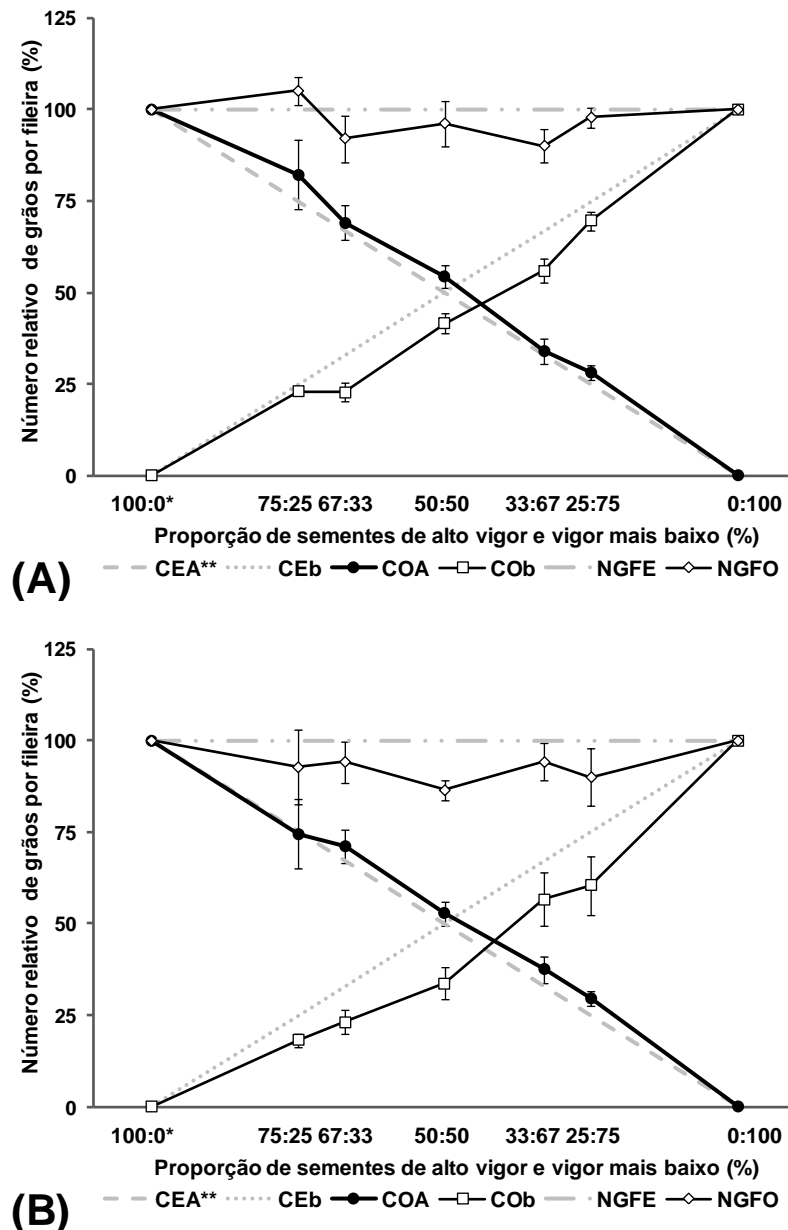
A massa de mil grãos no primeiro ano (Figura 3.6A) não sofreu desvios do esperado em nenhuma distribuição de sementes, ou seja, não houve interação entre a proporção de sementes de alto vigor e vigor mais baixo com essa variável. Porém, na condição não irrigada (Figura 3.6B), foram identificados resultados inferiores ao esperado para as plantas b em populações de plantas originadas de lotes heterogêneos. Esses resultados, no entanto, não foram suficientes para influenciarem a massa de mil grãos das populações de plantas, a qual permaneceu semelhante à das populações de plantas originadas de lotes homogêneos.

Assim, de forma clara, em ambos os anos, observou-se o efeito da maior capacidade competitiva das plantas A sobre as plantas b, resultando em menores acúmulos de massa de matéria seca e de produtividade de grãos. Observou-se, também, que o número de grãos por fileira foi o componente da produção de grãos que influenciou as perdas de produtividade das plantas b e, conseqüentemente, das populações de plantas originadas de lotes heterogêneos quanto ao vigor das sementes. A influência desse componente sobre a produtividade de grãos em milho tem sido observada em vários trabalhos, demonstrando que o número de grãos por espiga é o principal fator que determina a produtividade final de grãos (BOLAÑOS; EDMEADES, 1993; 1996; CIRILO; ANDRADE, 1994). Além disso, Maddonni e Otegui (2004) observaram que a interferência precoce da competição intraespecífica entre plantas na cultura de milho determinaram capacidade diferenciada de competição entre indivíduos e que o desenvolvimento de hierarquia entre plantas (plantas dominantes e dominadas) iniciou-se bem antes do período crítico de determinação de número de grãos por espiga, refletindo pronunciadamente no número médio final de grãos.



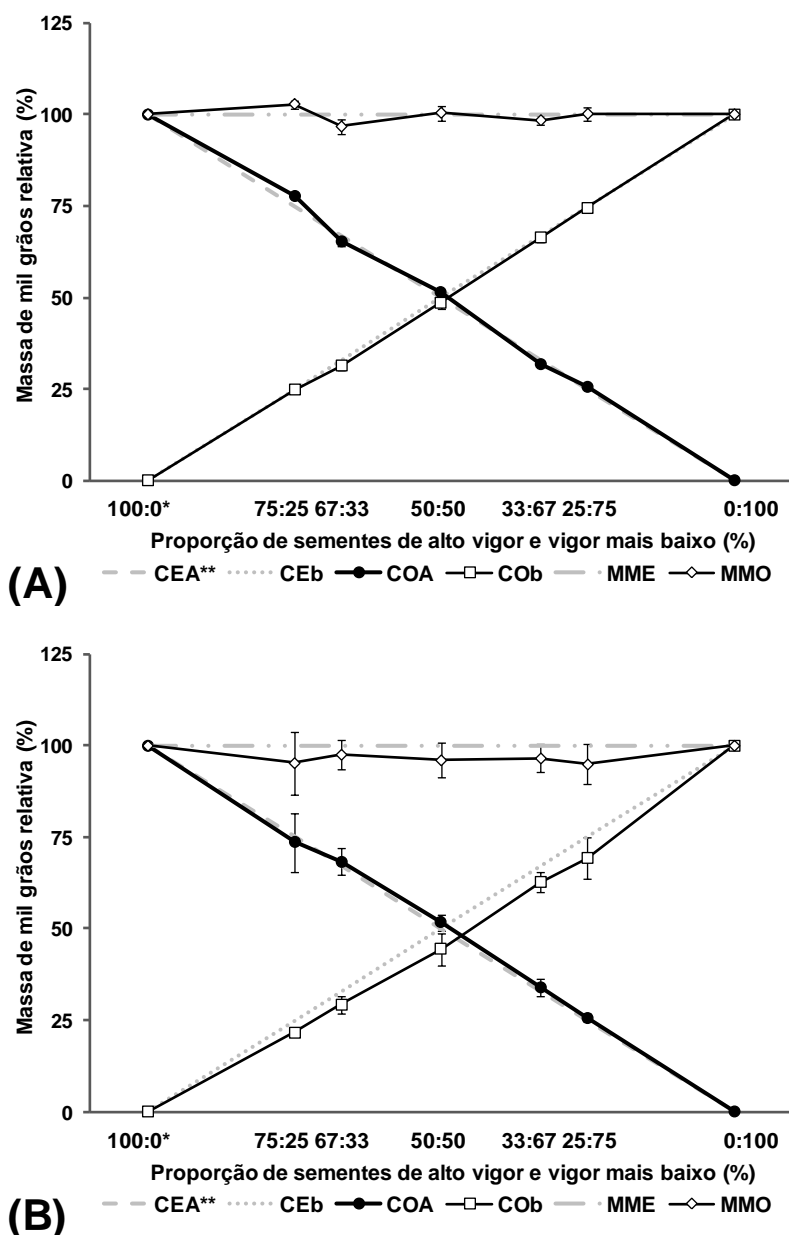
\*Porcentagem de plantas originadas de sementes de alto vigor (A) e de plantas originadas de sementes de vigor mais baixo (b) na população de plantas. \*\*CEA: contribuição relativa esperada de plantas A no número de fileiras da população; CEB: contribuição relativa esperada de plantas b no número de fileiras da população; COA: contribuição relativa observada de plantas A no número de fileiras da população; COB: contribuição relativa observada de plantas b no número de fileiras da população; NGFE: número relativo de fileiras esperado; NGFO: número relativo de fileiras observado.

Figura 3.4 – Número relativo de fileiras de grãos por espiga das populações de plantas de milho constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008



\*Porcentagem de plantas originadas de sementes de alto vigor (A) e de plantas originadas de sementes de vigor mais baixo (b) na população de plantas. \*\*CEA: contribuição relativa esperada de plantas A no número de grãos por fileira da população; CEB: contribuição relativa esperada de plantas b no número de grãos por fileira da população; COA: contribuição relativa observada de plantas A no número de grãos por fileira da população; COb: contribuição relativa observada de plantas b no número de grãos por fileira da população; NGFE: número relativo de grãos por fileira esperado; NGFO: número relativo de grãos por fileira observado.

Figura 3.5 – Número relativo de grãos por fileira em espigas das populações de plantas de milho constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008



\*Porcentagem de plantas originadas de sementes de alto vigor (A) e de plantas originadas de sementes de vigor mais baixo (b) na população de plantas. \*\*CEA: contribuição relativa esperada de plantas A na massa de mil grãos da população; CEB: contribuição relativa esperada de plantas b na massa de mil grãos da população; COA: contribuição relativa observada de plantas A na massa de mil grãos da população; COB: contribuição relativa observada de plantas b na massa de mil grãos da população; MME: massa de mil grãos relativa esperada; MMO: massa de mil grãos relativa observada.

Figura 3.6 – Massa relativa de mil grãos das populações de plantas de milho constituídas pelas diferentes distribuições de plantas originadas de sementes de alto vigor ou de vigor mais baixo para primeiro (A) e segundo (B) ano experimental. Piracicaba, 2007 e 2008

Assim, a utilização de lotes heterogêneos quanto ao vigor das sementes, seja esse resultante de fatores ocorridos durante o processo de produção em campo, por práticas inadequadas na colheita, no transporte ou no beneficiamento de sementes, ou até, pela mistura de lotes produzidos em anos diferentes, resultarão em campos com emergência de plântulas desuniforme, crescimento de plantas diferenciado e, dessa forma, aumento da competição intraespecífica na cultura de milho.

Nessas situações, ocorre a definição de hierarquia entre plantas, sendo as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo, as de menor capacidade competitiva por recursos como água, luz e nutrientes, resultando em plantas dominadas, enquanto que as plantas originadas de sementes de alto vigor, as de maior capacidade competitiva, não sofrem influência do aumento da competição intraespecífica.

Dessa forma, perdas significativas de produção de grãos por área ocorrem em função das menores produtividades das plantas b (plantas dominadas), tendo como componente de produção mais afetado, o número de grãos por fileira, sendo esse o responsável pela diminuição de produtividade.

Assim, fica evidenciado que a utilização de lotes de sementes heterogêneos quanto ao vigor das sementes traz resultados negativos para o desenvolvimento da cultura de milho, onde alta tecnologia é empregada; assim, para o aumento de produtividade, ajustes nos pequenos detalhes são de fundamental importância. No entanto, vale ressaltar que a utilização de sementes de alto vigor tem por objetivo assegurar a obtenção de populações de plantas adequadas em variadas condições de ambiente durante a emergência, onde sementes de vigor mais baixo teriam maiores dificuldades na capacidade de suportar as condições desfavoráveis.

A tolerância à estresses ambientais tem sido reconhecida como a característica fisiológica mais fortemente ligada ao melhoramento genético de híbridos de milho para produção de grãos (TOLLENAAR; WU, 1999) e, dentro os genótipos modernos, a tolerância das plantas de milho à competição intraespecífica acentuada por recursos disponíveis em altas densidades de plantas tem evoluído mais do que qualquer outra tolerância a estresses ambientais nos últimos 40 ou 50 anos (TOLLENAAR ; LEE, 2002; TOKATLIDIS; KOUTROUBAS, 2004).

### 3.4 Conclusão

Para a população de plantas de milho avaliada ( $71.429 \text{ plantas.ha}^{-1}$ ), em populações de plantas originadas de lotes de sementes constituídos por sementes de alto vigor e de vigor mais baixo (lotes de sementes heterogêneos quanto ao vigor das sementes), pode-se concluir que:

(I) a competição intraespecífica em populações de planta de milho é acentuada, resultando em perdas de massa de matéria seca e de produtividade de grãos por área;

(II) as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo possuem menor habilidade competitiva do que plantas originadas de semente de alto vigor;

(III) as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo tem menor acúmulo de massa de matéria seca e de produtividade de grãos, sendo as responsáveis pelas perdas de produtividade da população de plantas;

(IV) as plantas originadas de sementes de alto vigor exercem efeito dominante sobre as plantas originadas de sementes de vigor mais baixo e não exercem efeito compensatório;

(V) o principal componente de produção afetado pela competição intraespecífica na população de plantas de milho é o número de grãos por fileira, sendo o responsável pelas perdas de produtividade (produção por área) de grãos;

(VI) o efeito do vigor das sementes na competição intraespecífica de plantas de milho em campo é intensificado quando em condições não irrigadas, que se constitui na maior parte da agricultura brasileira.

### Referências

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M. O afilamento da aveia afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.3, p.393-400, 2001b.

ALMEIDA, M.L.; MUNDSTOCK, C.M.; SANGOI, L. Conceito de ideotipo e seu uso no aumento do rendimento potencial de cereais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.2, p.325-332, 1998.

ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS - AOSA. **Seed vigor testing handbook**. East Lansing, 1983. 88p. (Contribution, 32).

BOLAÑOS, J.; EDMEADES, G.O. Eight cycles of selection for drought tolerance in lowland tropical maize. I. Responses in grain yield, biomass, and radiation utilization. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.31, n.3/4 p.233-252, 1993.

\_\_\_\_\_. The importance of anthesis-silking interval in breeding for drought tolerance in tropical maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.48, n.1, p.65-80, 1996.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília: SNDA; DNDV; CLAV, 1992. 365p.

CHRISTOFFOLETI, P.J.; VICTORIA FILHO, R. Efeitos da densidade e proporção de plantas de milho (*Zea mays* L.) e caruru (*Amaranthus retroflexus* L.) em competição. **Planta Daninha**, Viçosa, v.14, p.42-47, 1996.

CIRILO, A.G.; ANDRADE, F.H. Sowing date and maize productivity. I. Crop growth and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v.34, n.4, p.1039-1043, 1994.

COUSENS, R. Aspects of the design and interpretation of competition (interference) experiments. **Weed Technology**, Lawrence, v.5, p.664-673, 1991.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

FESSEL, S.A.; RODRIGUES, T.J.D.; FAGIOLI, M.; VIERIA, R.D. Temperatura e período de exposição no teste de envelhecimento acelerado em sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.22, n.2, p.163-170, 2000.

FORD, J.H.; HICKS, D.R. Corn growth and yield in uneven emerging stands. **Journal of Production Agriculture**, Cambridge, v.5, p.185-188, 1992.

GLEMM, F.B.; DAYNARD, T.B. Effects of genotype planting pattern, and planting density on plant-to-plant variability and grain yield of corn. **Canadian Journal of Plant Science**, Quebec, v.54, p.323-330, 1974.

HARPER, J.L. **Population biology of plants**. New York: Academic Press, 1977. 892p.

HOFFMASTER, A.L.; XU, L.; FUJIMURA, K.; McDONALD, M.; BENNETT, M.A.; EVANS, A.F. The OSU Seed Vigor Imaging System (SVIS) for soybean and corn seedlings. **Journal of Seed Technology**, Lawrence, v.27, n.1, p.7-23, 2005.

HÖFS, A. **Vigor de sementes de arroz e desempenho da cultura**. 2003. 44p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2003.



HÖFS, A.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; BARROS, A.C.S.A. Emergência e crescimento de plântulas de arroz em resposta à qualidade fisiológica de sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.26, n.1, p.92-97, 2004.

KHAH, E.M.; ROBERTS, E.H.; ELLIS, R.H. Effects of seed ageing on growth and yield of spring wheat at different plant-population densities. **Field Crops Research**, New York, v.20, n.3, p.175-190, 1989.

KOLCHINSKI, E.M.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T. Vigor de sementes e competição intra-específica em soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.6, p.1248-1256, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 531p.

MACHADO, R.F. **Desempenho de aveia-branca (*Avena sativa* L.) em função do vigor de sementes e população de plantas**. 2002. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2002.

MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.85, n.1, p.1-13, 2004.

\_\_\_\_\_. Intra-specific competition in maize: contribution of extreme plant hierarchies to grain yield, grain yield components and kernel composition. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.97, n.2/3, p.155-166, 2006.

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

MAGUIRE, J.D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.2, p.176-77, 1962.

MELO, P.T.B.S.; SCHUCH, L.O.B.; ASSIS, F.N. de; CONCENÇO, G. Comportamento de populações de arroz irrigado em função das proporções de plantas originadas de sementes de alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.1, p.37-43, 2006.

MIELEZRSKI, F.; SCHUCH, L.O.B.; PESKE, S.T.; PANOZZO, L.E.; PESKE, F.B.; CARVALHO, R.R. Desempenho individual e de populações de plantas de arroz híbrido em função da qualidade fisiológica das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v.30, n.3, p.86-94, 2008.

MEROTTO JUNIOR, A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; HAVERROTH, H.S. A desuniformidade de emergência reduz o rendimento de grãos de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.4, p.595-601, 1999.

PAGANO, E.; MADDONNI, G.A. Intra-specific competition in maize: early established hierarchies differ in plant growth and biomass partitioning to the ear around silking. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.101, n.3, p.306–320, 2007.

POMMEL, B.; MOURAUX, D.; CAPPELLEN, O.; LEDENT, J.F. Influence of delayed emergence and canopy skips on the growth and development of maize plants: a plant scale approach with CERES-Maize. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v.26, p.263-277, 2002.

RADOSEVICH, S.R. Methods to study interactions among crops and weeds. **Weed Technology**, Lawrence, v.1, p.190-198, 1987.

ROMANO, M.R. **Desempenho fisiológico da cultura do milho com plantas de arquitetura contrastante: parâmetros para modelos de crescimento**. 2005. 100p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SCOTT, A.J.; KNOTT, M. A Cluster Analysis Method for Grouping Means in the Analysis of Variance. **Biometrics**, Washington, v.30, n.3, p.507-512, 1974.

SCHUCH, L.O.B. **Vigor das sementes e aspectos da fisiologia da produção em aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.)**. 1999. 127p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Sementes) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1999.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N.; MAIA, M.S. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v.21, n.1, p.229-234, 1999.

SCHUCH, L.O.B.; NEDEL, J.L.; ASSIS, F.N. de; MAIA, M.S. Vigor de sementes e análise de crescimento de aveia preta. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.2, p.305-312, 2000.

TOKATLIDIS, I.S.; KOUTROUBAS, S.D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.88, n.2/3, p.103-114, 2004.

TOLLENAAR, M.; LEE, E.A. Yield potential, uield stability and stress tolerance in maize. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.75, n.2/3, p.161-169, 2002.

TOLLENAAR, M.; WU, J. Yield improvement in temperate maize is attributable to greater stress tolerance. **Crop Science**, Madison, v.39, p.1591–1604, 1999.

WALKER, G.K.; BLACKSHAW, R.E.; DEKKER, R. Leaf area and competition for light between plant species using direct sunlight transmission. **Weed Technology**, Champaign, v.2, n.2, p.159-165, 1988.

WIT, C.T. de. On competition. **Verslagen Van Landbouwkundige Onderzoekingen**, Amsterdam, v.66, p.1–82, 1960.

WIT, C.T. de; VAN DEN BERG, J.P. Competition between herbage plants. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Amsterdam, v.13, p.212-221, 1965.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desse trabalho evidenciou a importância da uniformidade de plantas em populações de milho na questão da diminuição da competição intraespecífica entre plantas e a maximização da exploração do ambiente pela cultura.

Foi possível constatar que o vigor das sementes realmente exerce efeitos sobre o crescimento inicial de plantas, mas na cultura de milho, decresce com o decorrer do ciclo da cultura e não é observado no momento de colheita. Entretanto, esses resultados ocorrem quando há uniformidade de desenvolvimento da população de plantas, mantendo-se, assim, condição minimizada de competição intraespecífica. Porém, quando há desuniformidade de emergência de plântulas, decorrente da desuniformidade de vigor das sementes no lote, o crescimento inicial diferenciando das plantas em função do vigor das sementes, intensifica a competição entre plantas e aquelas originadas de sementes de alto vigor passam a ter capacidade competitiva superior àquelas originadas de sementes de vigor mais baixo, propiciando a ocorrência de plantas dominadas. Nessa situação o efeito do vigor das sementes associado à intensificação da competição entre plantas é traduzido em diferenças de acúmulo de massa de matéria seca e de produtividade de grãos, persistindo, nesse caso, até o final do ciclo da cultura.

Dessa forma, ficou claro quanto fundamental é a utilização de lotes de sementes homogêneos quanto ao vigor das sementes na cultura de milho, objetivando o desenvolvimento uniforme da população de plantas e prevenindo a ocorrência de plantas dominadas, as quais são responsáveis por perdas de produtividade de grãos, ainda mais na agricultura brasileira onde prevalecem áreas agrícolas não irrigadas, onde a competição por recursos naturais assumem ainda maior importância.